

**„Konzeption und Realisierung der Montage
sowie Demontage einer Einhausung für den
Neubau einer Koksofenbatterie unter
besonderer Berücksichtigung der örtlichen
Gegebenheiten und der
Produktionsabläufe“**

Bachelorarbeit

im Studiengang Stahl- und Metallbau

der

Hochschule Mittweida

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Elstra, Oktober 2011

Torsten Ullrich

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Peter Hübner

Zweitprüfer:

Dipl.-Ing. Lars Feulner

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Bibliographische Beschreibung:

Ullrich, Torsten:

Konzeption und Realisierung der Montage sowie Demontage einer Einhausung für den Neubau einer Koksofenbatterie unter besonderer Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der Produktionsabläufe. – 2011.

– 50 S.

Roßwein, Hochschule Mittweida, Fachbereich Maschinenbau/ Feinwerktechnik,
Bachelorarbeit, 2011

Referat:

Gegenstand der hier vorgestellten Arbeit ist es, den Vergleich zwischen verschiedenen Montage- und Demontagemöglichkeiten zu führen und im Ergebnis dessen, einen Leitfaden für ähnlich komplizierte Bauvorhaben zu besitzen. Im Speziellen ist dieser auf Hallentragwerke zugeschnitten, kann jedoch auch leicht verallgemeinert, bzw. ähnlichen Projekten angepasst werden.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Allgemeines.....	1
1.2 Bearbeitungsschema.....	2
1.3 Problem und Zielstellung der Arbeit.....	3
1.4 Formulierungen von Randbedingungen.....	6
2 Grundlegendes zur Montage im Stahlbau.....	8
2.1 Regeln, Gesetze, Vorschriften.....	8
2.2 Prozesse der Stahlbaumontage.....	9
3 Entwicklung eines Montagekonzeptes.....	10
3.1 Stahlbau Schutzhalle.....	10
3.1.1 Vorüberlegungen.....	10
3.1.2 Montagerichtung.....	11
3.1.3 Kranauswahl.....	12
3.1.4 Kranstandort.....	14
3.1.5 Montageabläufe.....	15
3.1.6 Ausarbeitung von Montagevarianten.....	17
3.1.7 Kritische Punkte.....	21
3.1.8 Berechnung von Montagezuständen.....	25
3.2 Anbringung der Fassade.....	27
3.2.1 Wand.....	27
3.2.2 Dach.....	29
3.3 Ankerständer.....	30
3.4 Bühnen und Treppentürme.....	31
3.5 Montagekonzept und Ergebnisse.....	32
3.5.1 Abgewandeltes Montageverfahren.....	33
3.5.2 Kran.....	34
3.5.3 Betrachtung von Terminen.....	35

3.5.4 Konzept im zeitlichen Verlauf.....	36
3.5.5 Diagrammauswertung.....	38
4 Konzept der Demontage.....	40
4.1 Bühnen.....	43
4.2 Entfernen der Fassade.....	44
4.2.1 Fassade.....	44
4.2.2 Dach.....	45
4.3 Demontage des Stahlbaus.....	45
4.3.1 Steinschuppen.....	45
4.3.2 Sekundäre Tragstruktur.....	46
4.3.3 Primäre Tragstruktur.....	46
4.4 Trennen auf Transportlänge.....	48
5 Zusammenfassung und Ausblick auf ähnliche Bauvorhaben.....	49
Erklärung	
Quellen	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schema der Durchführung.....	2
Abbildung 2: Querschnitt der Stahlhalle mit angedeutetem Koksofen.....	4
Abbildung 3: konstante Randbedingungen.....	6
Abbildung 4: variable Randbedingungen.....	7
Abbildung 5: Prozesse der Stahlbaumontage.....	9
Abbildung 6: Grundriss mit Baufelddarstellung.....	11
Abbildung 7: Montagerichtung.....	12
Abbildung 8: Prinzipskizzen zum Kranstandort.....	14
Abbildung 9: Variante 1 - Nutzung der Ankerstange.....	23
Abbildung 10: Variante 2 - Seilabspannung.....	23
Abbildung 11: Variante 3 - Gerüstturm.....	24
Abbildung 12: Bühnen im Querschnitt.....	31
Abbildung 13: Montage im Baufeld 1.....	33
Abbildung 14: Hubhöhen LTR-1100.....	35
Abbildung 15: Prinzip der Demontage.....	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Varianten der Montage im ersten Bauabschnitt.....	12
Tabelle 2: Varianten Kranstandort.....	15
Tabelle 3: Variantenvergleich.....	18
Tabelle 4: Tonnage für Kranauswahl und Montagevarianten.....	19
Tabelle 5: Kranauswahl.....	20
Tabelle 6: Gantt-Diagramm.....	37
Tabelle 7: Auswahlhilfe zur weiteren Nutzung.....	41
Tabelle 8: Demontagevarianten Stahlbau.....	46

Abkürzungsverzeichnis

AS	Ankerständer
OSH	Ofenschutzhalle
VBM	Verbindungsmittel
ZSH	Züblin Stahlbau GmbH Hosena
HKM	Hüttenwerke Krupp Mannesmann

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Aus geschichtlicher Sicht ist das Errichten von Gebäuden als Schutz vor Witterungseinflüssen die bedeutendste Bauaufgabe der Menschheit.

Früher wurden diese hauptsächlich als Wohnraum und zur Unterbringung von Vieh und Nahrungsmittelvorräten errichtet. Im Zuge der Industrialisierung mussten diese "Schutzeinrichtungen" auch ausreichend Platz für die benötigten Maschinen, Güter und Produkte bieten. So lässt sich an Manufakturen bis hin zu modernen Hallenbauwerken die Entwicklung des Hochbaus belegen. Neue Werkstoffe und deren zunehmende Qualität, sowie die stetige Weiterentwicklung von Fertigungsverfahren und Montagemethoden, werden so auch zukünftige imposante Konstruktionen ermöglichen.

Grundlegendes Ziel der Bemessung eines Hallentragwerkes ist eine wirtschaftliche Tragkonstruktion für die vorgesehenen Verkehrslasten, sowie die Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit.

Die Vorfertigung von Stahlbauteilen erfolgt im Werk. In der Regel wird vor allem bei kleinen bis mittleren Spannweiten (Sporthallen, Hallen für Gewerbe und Industrie) die Stahlkonstruktion in großen vorgefertigten Montageeinheiten zur Baustelle geliefert. Fahrzeuggebundene Krane heben diese Teile auf die vorher gestellten Stützen.

Bei großen Spannweiten, wie sie bei Stadien, Messehallen, Bahnhöfen und Brücken zu finden sind, werden entweder die vormontierten Abschnitte und folglich auch die Krane größer, oder es werden alternative Herangehensweisen und Lösungen gesucht.

Jede Halle, jedes Dach, jede Stahlbaukonstruktion im Allgemeinen besitzt unterschiedliche Parameter, weshalb sich die Vorfertigung und vor allem die Montageabläufe von Projekt zu Projekt ändern. Hinzu kommt, dass jede Firma ihre eigene Philosophie bei der Montage, der Ausführung und der eventuell notwendigen Hilfskonstruktionen und Traversen besitzt.

Um einen Überblick über die Herangehensweisen einer Montage- und Demontageplanung zu erhalten, entstand der Gedanke dieser Arbeit, ein spezielles System zu unter-

suchen. Dies ist deswegen so interessant, weil es sich hier um keine gewöhnliche Typenhalle, sondern um ein wahres Unikat handelt. Auf Grund seiner Dimensionen und den zahlreichen Einschränkungen, die sich bei der Montage und auch Demontage ergeben, lohnt sich eine genauere Untersuchung eben dieser Problematik.

1.2 Bearbeitungsschema

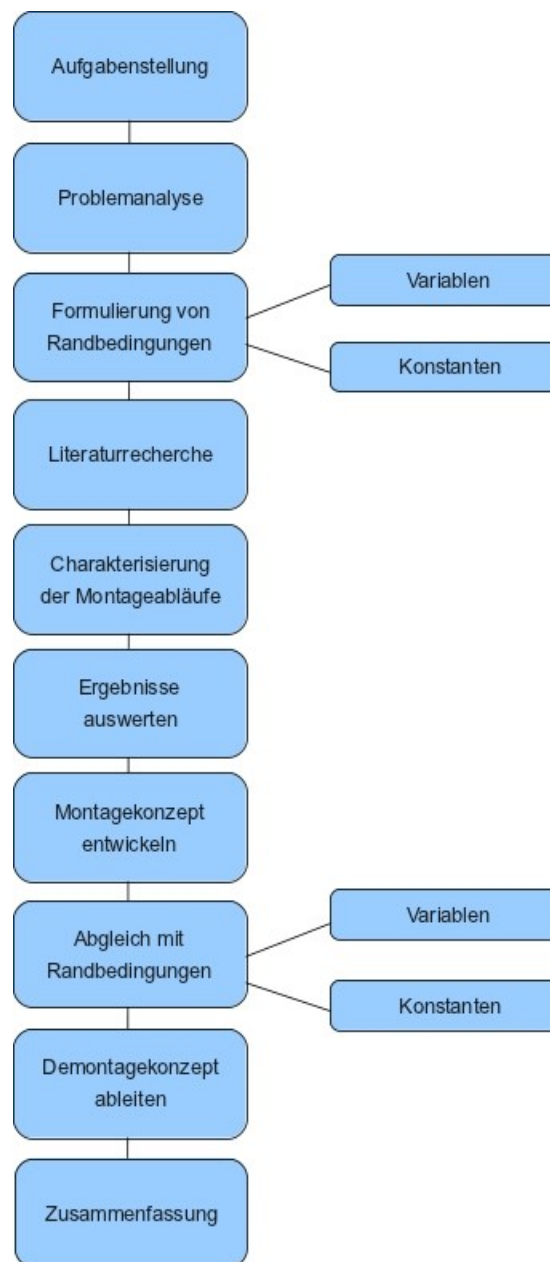


Abbildung 1: Schema der Durchführung

1.3 Problem und Zielstellung der Arbeit

Da immer wieder neue Verfahren es von der Erforschung bis zur Marktreife schaffen, werden hierfür letztendlich auch Produktionsstandorte einschließlich ihrer Industriebauten benötigt. Auch werden alte Anlagen saniert, erweitert oder gar komplett abgerissen um durch neue und modernere ersetzt zu werden.

Da die gesamte Weltwirtschaft regelrecht hungrig auf Koks ist, entstanden in den vergangenen Jahren weltweit viele neue Kokereien, wobei hier die Volksrepublik China an erster Stelle steht. Deutschland verfügt noch über fünf Kokereien. Die Kokerei Schwelgern in Duisburg gehört dabei global zu den größten und modernsten Anlagen.

Ebenfalls in Duisburg befindet sich die Kokerei der Hüttenwerke Krupp Mannesmann (HKM), welche durch den Neubau einer zweiten Koksofenbatterie ihre Produktionskapazitäten mehr als verdoppeln wird. Die Gründe für die Entscheidung eines Neubaus liegen in erster Linie in der Unabhängigkeit gegenüber dem Markt, und den steigenden Kokspreisen. Auch werden so Liefer- und Qualitätsunsicherheiten umgangen.

Um den Bau dieser zusätzlichen Koksofenbatterie verwirklichen zu können, bedarf es einer vorhergehenden Errichtung einer Stahlhalle, der sogenannten Ofeneinhausung. Diese Einhausung schützt die eigentlichen Aufbauarbeiten des Ofens sowie dessen Warmlaufphase vor Witterungseinflüssen.

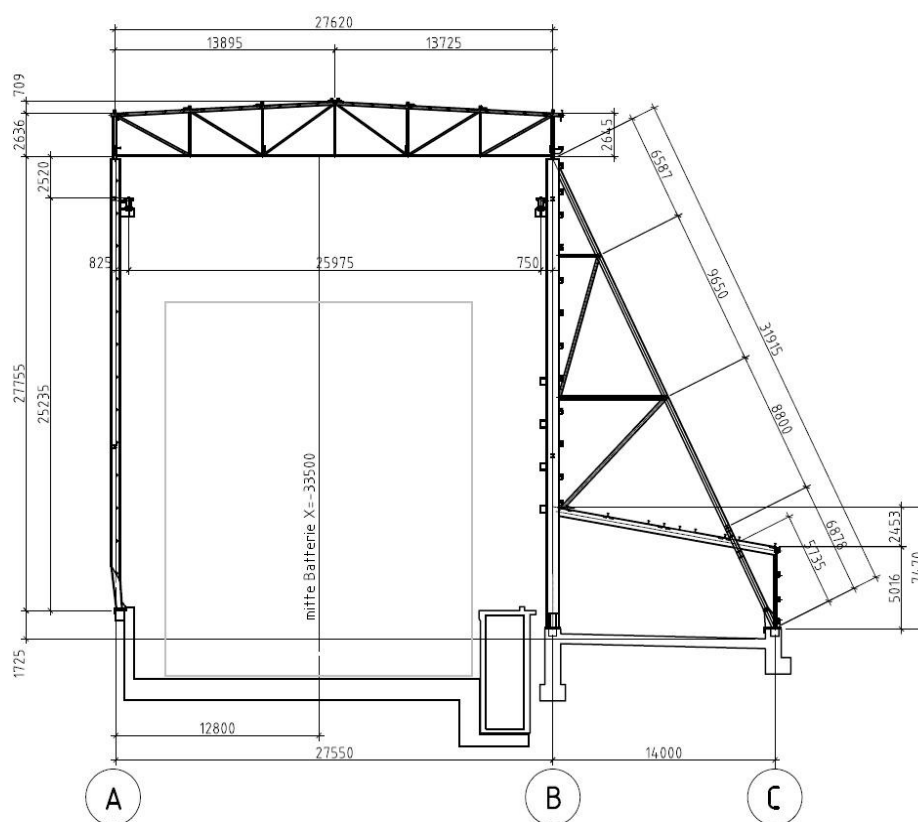


Abbildung 2: Querschnitt der Stahlhalle mit angedeutetem Koksofen

In Anlehnung an die dargestellte Abbildung, wird nun kurz der prinzipielle Aufbau der Stahlkonstruktion erläutert, wobei an dieser Stelle bewusst auf viele Details verzichtet wird.

In Längsrichtung besteht die Halle aus 16 sogenannten Rahmen. Der größte Teil dieser Rahmenkonstruktionen liegt in einer Rasterung von 7,5 m vor, wodurch die Einhausung eine Gesamtlänge von über 110 m erreicht. Zur Aussteifung in Längsrichtung fungieren die Dachverbände. Auch sind hierfür jeweils in Achse A und B zwei Wandverbände gegenüberliegend vorgesehen, wodurch die primäre Tragstruktur komplett ist. Durch die Riegel an den Wänden und die Pfetten auf dem Dach, werden die einzelnen Rahmen miteinander verbunden (gekoppelt), und bilden so den sekundären Teil in der Kette der Lastabtragung. Als tertiäre Einrichtung fungiert die Fassade, die den eigentli-

chen Witterungsschutz für den Ofen darstellt. Alle nun auftretenden Belastungen werden in umgekehrter Reihenfolge bis in die Stützen übertragen und dank einer entsprechenden Verankerung mit dem Beton auch in die Fundamente und damit ins Erdreich eingeleitet.

Da jedoch für den späteren Koksofenbetrieb eine solche Einhausung nicht mehr benötigt wird, ja geradezu störend auf die Produktionsabläufe wirkt, wird diese nach zwei Jahren wieder demontiert. Aus diesem Grund ist die Verwendung einer Fassade von geringerer Qualität, auf Grund des hohen Einsparpotentials schon früh ein Vertragsbestandteil gewesen. Zwar soll das gesamte Erscheinungsbild der fertigen Halle einheitlich sein, jedoch werden auch Restbestände von Trapezprofilen, unterschiedliche Chargen und bestimmte Fehler in deren Beschichtung toleriert.

Im Rahmen dieser Arbeit soll in erster Linie ein Montagekonzept entwickelt werden, welches die Personal- und Materialkosten minimiert und die Montage unter statischen und wirtschaftlichen Aspekten optimiert. Bedenkt man nun die Stahlpreisentwicklung der letzten Jahre und die immer zunehmendere Anforderung, Bauwerke in kurzer Bauzeit und kostengünstig zu erstellen, so verstärkt dies die Wichtigkeit einer solchen Betrachtung. Außerdem bedürfen die besonderen örtlichen Gegebenheiten, wie Freiflächen zur Vormontage, Lagerplätze und Zufahrtswege, einer genauen Planung.

Ziel der Bachelorarbeit ist es, den Vergleich zwischen verschiedenen Montage- und Demontagemöglichkeiten zu führen und im Ergebnis dessen, einen Leitfaden für ähnlich komplizierte Bauvorhaben zu entwickeln, wobei hier die Produktionsabläufe der bereits bestehenden Koksofenbatterie nicht behindert werden dürfen.

Sie soll die statischen, konstruktiven und wirtschaftlichen Lösungen schon verwendeter Montagekonzepte des Hochbaus aufgreifen und eine Weiterentwicklung darstellen.

Dabei ist besonders anzumerken, dass für den Fall der Demontage auf die Wiederverwendbarkeit der Stahlbauteile primär verzichtet wird. Dies betrifft hauptsächlich die Kastenstützen einschließlich der Kragarme für die Kranbahnträger, sowie die Binder. Hiervon werden Pfetten und Wandriegel ausgeschlossen, da dies keine Spezialteile sind und sich so verkaufen oder bei anderen Projekten verwenden lassen. Außerdem werden Mietteile (z.B. DYWIDAG-System) an den Eigentümer zurückgegeben.

1.4 Formulierungen von Randbedingungen

Als Grundlage für die Untersuchung dienen Stahlhallen vom Stütze-Binder-System, wobei hier ausschließlich Fachwerkbinder berücksichtigt werden, da bei einer lichten Weite von etwa 30m dies am wirtschaftlichsten ist.

Die Planung der zu errichtenden Ofeneinhausung ist bereits sehr weit fortgeschritten, wodurch viele Faktoren als vorgegeben bzw. konstant betrachtet werden können. Unter Verwendung der folgenden Grafik sind diese und noch weitere Unterpunkte aufgeführt.

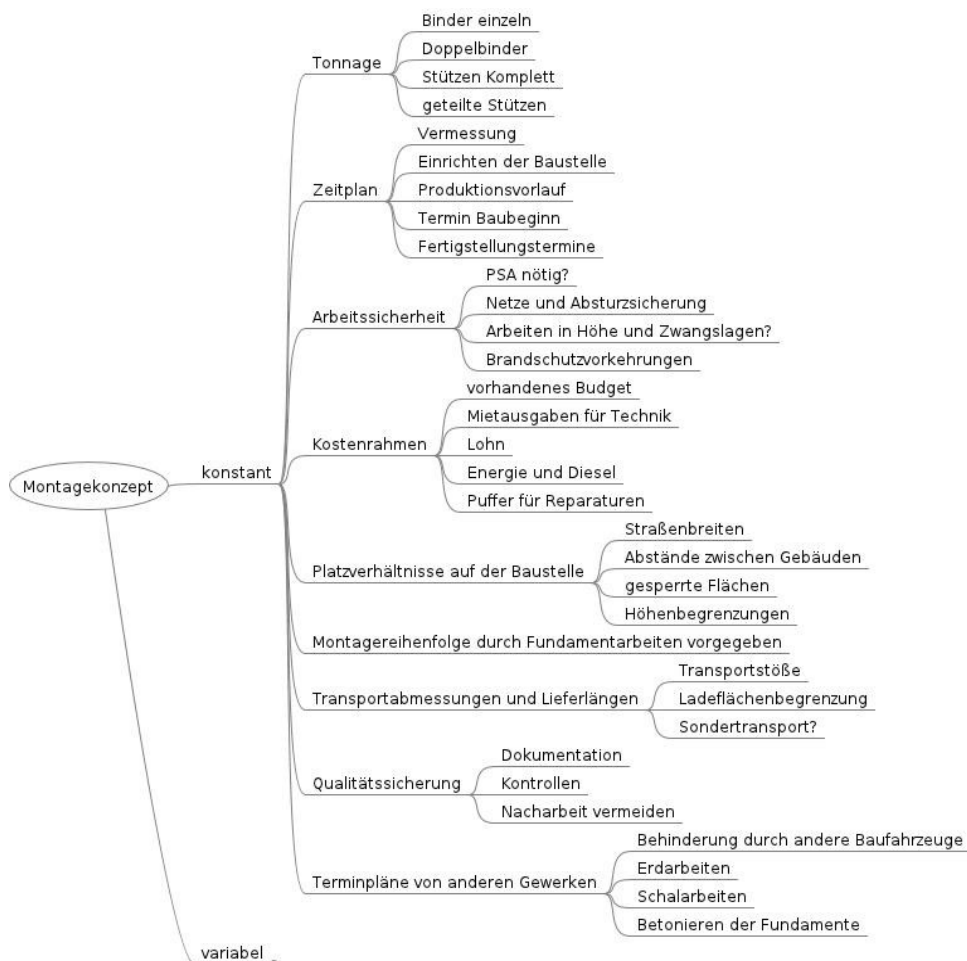


Abbildung 3: konstante Randbedingungen

All diese festen Rahmenbedingungen wirken jedoch nicht einzeln für sich, sondern beeinflussen sich stets gegenseitig. So bietet sich eine Gegenüberstellung in einer Matrix

an, woraus die Zusammenhänge zu erkennen sind. Auf jene Matrix wird im Gliederungspunkt 3 eingegangen, da in der nächsten Darstellung erst noch die variablen Bedingungen aufgezeigt werden, welche die Stellschrauben für dieses Bauvorhaben charakterisieren und sich so direkt auf die Effizienz und Wirtschaftlichkeit auswirken.

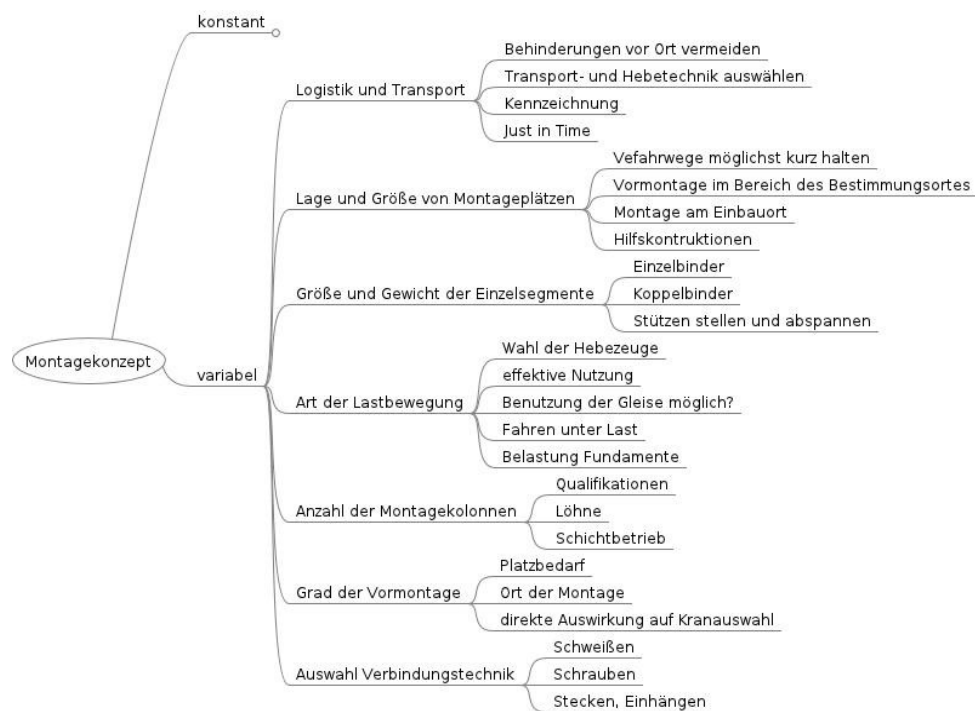


Abbildung 4: variable Randbedingungen

Die Tatsache, dass die neue Koksofenbatterie während der Produktion der nebenbefindlichen Anlage errichtet werden soll, schränkt die Möglichkeiten der Montage jedoch massivst ein. So muss bei der Errichtung der Ofeneinhausung zusätzlich darauf geachtet werden, dass keine Bauteile in den Bereich der nebenliegenden Gleise gelangen können, da hier im Viertelstundentakt die Kokslöschwagen verkehren. Auf dieser Hallenseite (Abb. 2, Achse A) dürfen sich auf Grund der hohen thermischen Belastung auch keine Montagekräfte befinden, was eine Hängelösung oder eine Innenbefestigung der Fassade nach sich zieht. Somit muss die Hallenmontage von einer Seite realisiert werden können. Für die spätere Demontage gilt selbiges, wobei dann alle Teile über den fertigen Ofen gehoben werden müssen.

2 Grundlegendes zur Montage im Stahlbau

Bis ein Stahlbau im weitesten Sinne entsteht, sind neben der planerischen Tätigkeit natürlich auch die Leistungen in der Werkstatt (Fertigung) und auf der Baustelle (Montage) zu berücksichtigen. Diese drei Bereiche sind heute nur noch selten in einem Betrieb zusammen anzutreffen, was unter Umständen sehr große Probleme bei der Montage und bei kurzfristigen Änderungen bereiten kann. Dies hängt insbesondere mit der engen Verflechtung der einzelnen Leistungsabschnitte und letztendlich auch mit der Koordinierung der unterschiedlichen Gewerke zusammen.

2.1 Regeln, Gesetze, Vorschriften

Für die oben angesprochenen planerischen und baulichen Leistungen gelten jeweils bestimmte Rahmenbedingungen, wie sie durch Gesetze, Vorschriften und auch Normen definiert sind. Es werden nun lediglich einige dieser Vertreter erwähnt, da eine detaillierte Betrachtung den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

- Technische Regeln und Normungen:
 - DIN 18800, schwerpunktmäßig Teil 7 dieser Reihe
 - EN 1993 (EC3)
- rechtlicher Rahmen:
 - BGB
 - VOB
 - Baugesetzbuch
 - Landesbauordnung
 - Baustellenverordnungen
 - Brandschutzgesetz
 - Unfallverhütungsvorschriften

2.2 Prozesse der Stahlbaumontage

Bevor eine Montage überhaupt erfolgen kann, wird natürlich erst ein Auftrag von Nöten sein, welcher die Punkte der Vertragsvergabe, der Kalkulation, der Termine und der Zahlungsvereinbarungen aufgreift. Es folgen Überlegungen, die die Arbeitsvorbereitung, Arbeitsabläufe, technische Lösungen, Montageanweisungen sowie die Auswahl der benötigten Technik und des Personals betreffen. All dies soll mit den genannten Regeln im Einklang stehen und dabei ein hohes Maß an Qualität liefern, so dass eine Abnahme ohne Nachbesserungen oder gar Vertragsstrafen erfolgen kann und so ein durchweg positives Auftragsergebnis entsteht.

Die folgende Grafik fasst die wichtigsten Prozesse einer Stahlbaumontage zusammen:

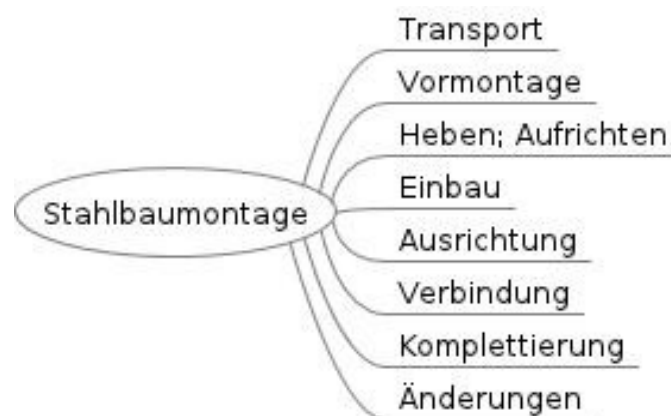


Abbildung 5: Prozesse der Stahlbaumontage

Für all diese aufgeführten Prozesse ergeben sich nun weitere Unterpunkte und ganz spezifische Aufgaben, die von den Montagekräften unter Zuhilfenahme diverser Arbeitsmittel erledigt werden sollen. Diese werden an dieser Stelle jedoch nicht einzeln aufgeführt, da sie unter dem Gliederungspunkt 3 noch berücksichtigt werden. Um jedoch kurz zu zeigen, wohin diese Überlegungen führen und wie schnell man sich im Detail verlieren kann, wird ein kleines Beispiel aufgeführt.

Es benötigt jeder Kran und jeder Stapler, für den Hebevorgang einen dafür ausgebildeten und auch eingewiesenen Geräteführer. Auch müssen sämtliche benötigte Werkzeuge, Messtechnik, Lastaufnahmemittel und für den späteren Einbau auch die Verbindungsmittel (VBM) auf der Baustelle vorhanden sein und richtig eingesetzt werden.

3 Entwicklung eines Montagekonzeptes

Für eine schnelle und zielgerichtete Erstellung eines Montagekonzeptes müssen die Randbedingungen, wie sie unter dem Gliederungspunkt 1.4 (S.6) aufgeführt sind, erneut betrachtet und konkretisiert werden. Dabei wird auf deren Abhängigkeiten untereinander eingegangen, um so für die konstanten und die variablen Größen feste Werte mit sinnvollen Einheiten zu erhalten. Zur besseren Übersicht wird die Errichtung der Ofeneinhausung nun in die Bereiche des Stahlbaus, der Fassade und der Ankerstände (AS) untergliedert und einzeln betrachtet.

3.1 Stahlbau Schutzhalle

3.1.1 Vorüberlegungen

Die Art der Montage des Stahlbaus und deren einzelne Abläufe sind besonders von der Kranauswahl, der Montagerichtung sowie der Lage und Kapazität von Lager- und Vormontageplätzen abhängig. Nicht zuletzt spielt auch die Organisation eine entscheidende Rolle; so ist laut Terminplan der Baubeginn auf den 1.11.2011 festgelegt und die Übergabe der kompletten Ofenschutzhalle (OSH) auf den 2.4.2012 datiert.

Auf der einen Seite ist es natürlich auch wichtig die Produktionsmöglichkeiten und die Lieferung der Bauteile zur Baustelle zu erwähnen. Andererseits muss hierauf nicht gesondert eingegangen werden, da die Fertigung bereits 6 Wochen vor der Montage beginnt. Dieser Produktionsvorlauf bildet einen ausreichend großen Puffer, sodass ab Montagebeginn auch wirklich 100 t pro Woche selbst gefertigter Stahlbauteile montiert werden können. Außerdem sind seitens der Fertigung auch keine schnellen Reaktionen bei Änderungen möglich, weil erstens die Kapazitäten begrenzt sind und zweitens noch andere Aufträge bearbeitet werden müssen. Ergo gibt es keinen Produktionsspielraum, da das gefertigt werden muss, was gerade für die Montage benötigt wird.

Die Maximalabmessungen und Tonnagen korrelieren dabei sehr stark mit der Kranauswahl und den Montageabläufen, die dahingehend gestaltet werden, dass auf die Benutzung von Sondertransporten verzichtet werden kann. Da auch ein Stahlwerk gewisse Fertigungsgrenzen bei der Blechherstellung hat, liegen die Blechlängen (ohne Son-

derwalzungen) bei 16 m. Hieraus ergeben sich für das Bauvorhaben Trennungsstöße, was einem Gewicht von etwa 9 t für diese Einzelsegmente entspricht. Die allgemein möglichen Transportabmessungen/ -gewichte werden so nicht überschritten. Dadurch gestaltet sich die Auswahl und der Einsatz von Hebezeugen entscheidend flexibler.

3.1.2 Montagerichtung

Zunächst einmal wollen wir aber die Montagerichtung näher betrachten, da auf Grund der Fundamentherstellung auch die entsprechenden Bauabschnitte erst zu unterschiedlichen Zeiten freigegeben werden. Ab dem 1.11.2011 kann die Montage der Achsen 1-7 auf dem Baufeld 1 erfolgen. Die beiden anderen Baufelder werden jeweils mit zwei Monaten Abstand zueinander freigegeben.

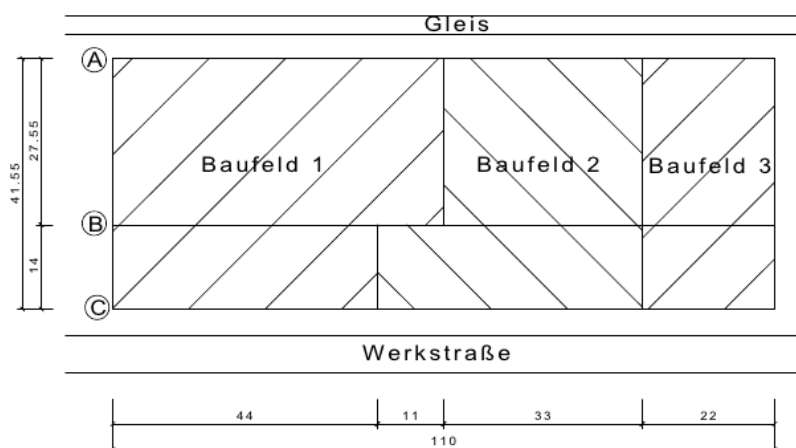


Abbildung 6: Grundriss mit Baufelddarstellung

Unabhängig von der Kranauswahl sind nun aus statischer Sicht zwei Montagevarianten für den ersten Bauabschnitt denkbar. Einmal die fortlaufende Montage der Achsen 1 bis 7 oder ein gegenläufiges Montieren mit Beginn in Achse 7 und Ende in Achse 1. Für den weiteren Montageablauf können die Achsen dann in numerischer Reihenfolge von Achse 7 bis Achse 16 montiert werden. Im Anschluss an die dargestellte Skizze folgt eine Tabelle die Aufschluss über Vor- und Nachteile beider Varianten geben soll.

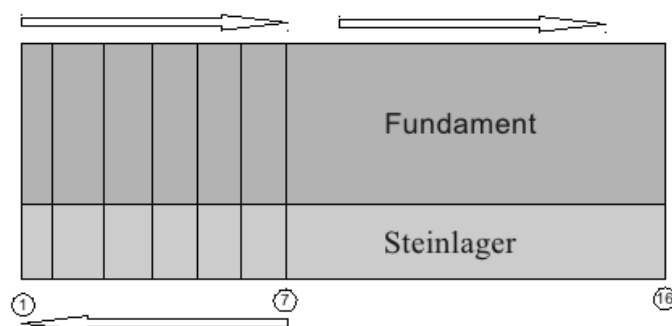


Abbildung 7: Montagerichtung

Montagerichtung			
von Achse 1 nach 7		von Achse 7 nach 1	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
Vorkopfmontage: Gewerke haben immer gleiche Aufteilung, Abläufe und Handgriffe	Verband zw. Achse 1 und 2 zwingend notwendig	auf Verband zw. Achse 1 und 2 kann verzichtet werden, da Verband zw. 5 und 7 die Windlasten abträgt	Verringerung der Montagefreiheit je näher man Achse 1 kommt
stets genügend große Vormontageplätze und Stellflächen für Krane			Kran muss ins Steinlager ausweichen (größerer Kran mit höheren Kosten erforderlich)

Tabelle 1: Varianten der Montage im ersten Bauabschnitt

3.1.3 Kranauswahl

Vorab gesagt, wird auf ein mechanisiertes Heben (z.B. mittels Winden oder Pressen) von Anfang an verzichtet, da diese Verfahren eher einem Bauvorhaben in Geschossbauweise entsprechen und hier gänzlich unmöglich sind. So fließt dies auch nicht in die Betrachtung von Varianten mit ein.

Kommen wir daher zur Auswahl eines geeigneten Krans, wobei eine erste Festlegung bezüglich der Kranmobilität leicht getroffen ist. Auf Grund der besonderen Hallengeometrie bietet sich eine Fahrzeugkrannutzung regelrecht an, da diese ihren Standort

leicht verändern können. Im Gegensatz zu Autokranen ist ein Raupenkran zusätzlich noch unter Last verfahrbar. Wegen des großen Platzbedarfs lässt sich ein Derrickkran schon von vornherein ausschließen. Überlegenswert ist noch die Nutzung eines Turmdrehkrans. Dieser wäre zwar in der Anmietung sehr günstig, müsste allerdings ständig versetzt werden, was zwangsläufig die Rüstkosten stark ansteigen lässt. Dem könnte man aus dem Weg gehen, wenn man den Turmdrehkran auf Gleise setzt. Diese könnte er dann ohne Probleme von selbst verlegen. Da Turmdrehkrane aber sehr schwinganfällig sind, werden sie von den Montagekräften eher gemieden, weshalb eine Turmdrehkrannutzung hier nicht weiter verfolgt wird. Unser Hauptaugenmerk liegt also auf der Wahl eines Fahrzeugkrans, wobei sich gleich viele weitere Fragen und Auswahlkriterien bezüglich der technischen Daten ergeben.

- **Welche Ausladung ermöglicht der Kran?** - Standort
- **Wie groß ist der Schwenkradius?** - Arbeitsbereich
- **Wie hoch sind die Miet- und Betriebskosten?** - Krangröße
- **Wie groß ist die maximale Stützkraft?** - zul. Pressung

Diese vier Fragen sind essentiell für das gesamte Montagekonzept und beschränken bzw. liefern die dahinter stehenden Schlagwörter. Selbstverständlich sollte man noch folgende Fragen stellen, die jedoch als Detailfragen eher dem Zuständigkeitsbereich des Kranherstellers zuzuordnen sind und somit nicht die tragende Rolle spielen.

- Handelt es sich um einen Teleskop- oder Hauptausleger?
- Soll eine Klapp-, Wipp-, oder Festanbauspitze verwendet werden?
- Sind zur Kranmontage zusätzliche Krane erforderlich?
- Steht der Kran frei oder muss er abgestützt werden?
- Wie viel Ballast muss verwendet werden?
- Wie groß ist die Kippgefahr infolge starken Windes?

3.1.4 Kranstandort

Von enormer Wichtigkeit ist auch der Standort des Krans. Er kann sich auf dem Ofenfundament oder aber neben der Halle im sogenannten Steinlager befinden. Aus dieser Überlegung ergeben sich für beide Möglichkeiten jeweils Vor- und Nachteile, die anknüpfend an die folgende Abbildung in einer Tabelle gegenübergestellt werden.

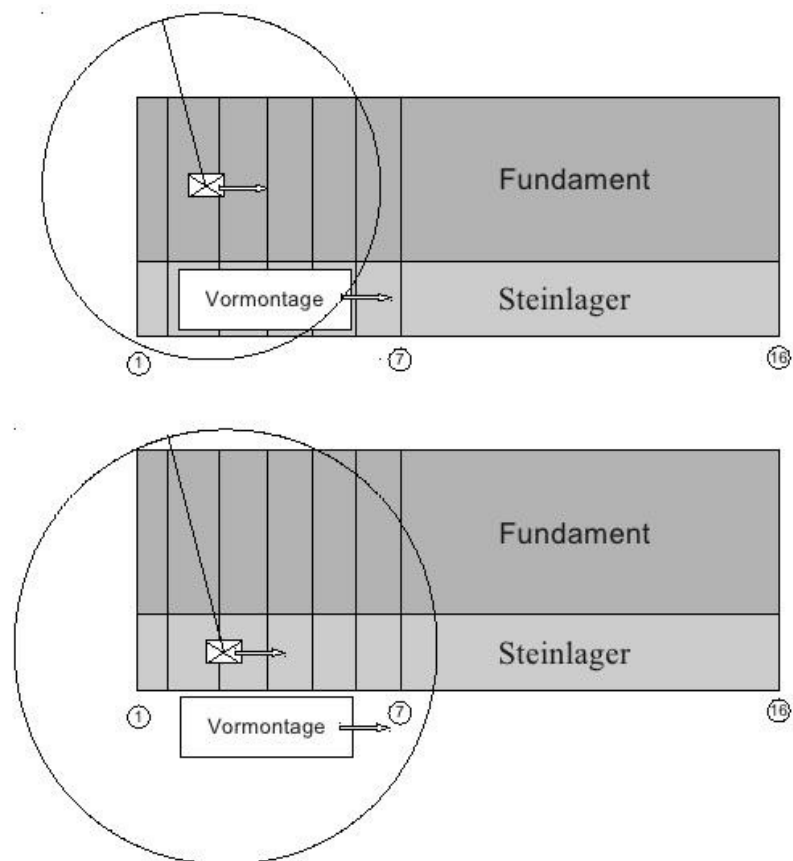


Abbildung 8: Prinzipskizzen zum Kranstandort

Kranstandort			
Fundament		Steinlager	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile
kleinerer Radius, dadurch kleinerer Kran, weniger Kosten	mehr Koordinationsaufwand auf Grund des stark eingeschränkten Platzes, da Abspannung der Stützen von Achse A nötig ist	zusätzliche Statik der Bodenplatte entfällt	höhere Schwinganfälligkeit, da mehr Ausladung
Vormontagegrad lässt sich erhöhen, da Platzgewinn im Steinlager	Statik des Fundamentes muss überprüft werden	Zusätzliche Hebezeuge können sich auf Fundament befinden	wegen der größeren Ausladung wird auch ein größerer und damit kostenintensiverer Kran notwendig
Zeitgewinn, da kürzere Hebe-, Schwenk- und Verfahrwege		Fundament kann als Lager- und Vormontageplatz genutzt werden	

Tabelle 2: Varianten Kranstandort

3.1.5 Montageabläufe

Eine konkrete Festlegung für einen speziellen Kran, kann jedoch noch nicht getroffen werden, da es auch in den Montageabläufen eine gewisse Varianz gibt. Wie schon erwähnt liegen die Trennstöße bei etwa 9 t, was die maßgebende Belastung für eine Einzelbindermontage darstellt. Bei der Doppelbindermontage ist dies dann wie später zu sehen ist, die Last der durchgekoppelten Fachwerkbinder. Auch diese Auswahlmöglichkeit birgt wieder Vor- sowie Nachteile.

Einzelbindermontage

Wenn man sich rein an der Tonnage orientiert, fällt die Entscheidung sicherlich auf die Einzelbindermontage, da ein geringeres Gewicht auch logischer Weise einen günstigeren Kran erfordert. Diese Variante hat aber entscheidende Nachteile. Da es sich hier um Untergurt gelagerte Fachwerkbinder handelt müssen als erstes gesonderte Abspannungen vorgesehen werden, bis dieser Binder bis zum nächsten Festlager durchgekoppelt wurde. Dies liegt am Schwerpunkt, welcher sich oberhalb der Auflagerpunkte befindet und daher das System zum Umkippen neigt. Die angesprochene Durchkopplung erfolgt durch die Pfetten, die einzeln auf die Binder gehoben werden und in etwa 30 m Höhe dann noch montiert werden müssen. Hieraus resultiert ein weiterer Nachteil, da dies durch die zahlreichen Kranhübe besonders zeitaufwendig ist und

auch vermehrt höhentaugliches Personal erfordert. Diese Höhenarbeiten müssen dann natürlich noch mit den entsprechenden absturzsichernden Maßnahmen ausgeführt werden. Die Montage eines Binders wird dabei mit 3 Tagen veranschlagt, was bei 16 Bindern einer Arbeitszeit von 48 Tagen zur Errichtung des kompletten Stahlbauskelettes der OSH entspricht. Von Vorteil ist dabei der außerordentlich geringe Platzbedarf für die Vormontage. Sicher könnten noch weitere Punkte angesprochen werden, die jedoch die erwähnten Nachteile nur schwer aufwiegen können.

Doppelbindermontage

Sehen wir uns nun die Doppelbindermontage etwas genauer an. Die Vormontage erfolgt wie beim Einzelbinder am Boden, mit Unterstützung von kleinen Kranen oder auch Teleskopladern. Hier schon wird ein wichtiger Vorteil deutlich. Nämlich sind so viel weniger Arbeiten in großer Höhe nötig, was ein effizienteres Vormontieren zur Folge hat. Je nach Verfügbarkeit von Montagekolonnen kann die komplette Montage eines Doppelbinders in etwa 4 Tagen realisiert werden, was zu einer Gesamtzeit von lediglich 32 Tagen führt. Somit reduzieren sich auch die Mietkosten sämtlicher Hubgeräte. Zudem hat diese Variante noch einen statischen Vorteil gegenüber der Einzelbindermontage. Da der Doppelbinder mit seinen Verbänden und den bereits angebrachten Pfetten so verformungssteif ist, können gleich noch Teile der Trapezprofile am Boden montiert werden. Dabei ist ein Zeitaufwand von etwa 3 Tagen pro Doppelbinder einzukalkulieren, was wiederum zu einer schnelleren Endmontage der Dachhaut führt, da später nur noch schmale Streifen geschlossen werden müssen.

Außerdem kann ein solches System nicht mehr umkippen, was die zusätzlichen Abspannungen überflüssig macht. Der so gehobene Doppelbinder muss dann nur noch mit den 4 ausgerichteten und fixierten Stützen verbunden werden. Hierfür wäre einmal der Einsatz von Hubsteigern denkbar oder aber die Montagekräfte gelangen mittels Stahlleitern, die mit den Stützen fest verbunden sind, zu ihrem Arbeitsplatz. Auch diese Variante hat natürlich ihre Nachteile, so ist auf Grund der höheren Masse und der größeren Ausladung ein leistungsstärkerer Kran erforderlich. Außerdem bedarf es eines größeren Vormontageplatzes, welcher folglich für eine längere Zeit zur Verfügung stehen muss. Dieser sollte sich möglichst in direkter Nähe zum Ort der Endmontage befinden, um die Kranausladung und Hubwege reduzieren zu können.

3.1.6 Ausarbeitung von Montagevarianten

All die angesprochenen Auswahlkriterien müssen nun geschickt miteinander kombiniert werden. Dabei lassen sich Kompromisse und etwaige Abstriche nicht vermeiden. Zur Findung einer plausiblen Montagelösung ist daher eine Wichtung (von 1 bis 10) der einzelnen Einflüsse vorgesehen. Für eine erste subjektive Abschätzung werden den einzelnen Varianten gewisse Punktzahlen vergeben, die im Bereich zwischen 1 und 7 liegen. Auf Grund der Unterschiede im zeilenweisen Vergleich lassen sich so die negativ wirkenden Einflüsse gut mit einbeziehen. Die erzielten Punkte werden erst mit den jeweiligen Wichtungen multipliziert und dann zu einer Summe aufaddiert. Die Vorzugsvariante wird in der folgenden Tabelle mit der größten Summe dargestellt, wobei die Doppelbinder- und Einzelbindervariante mit berücksichtigt wird.

Es wird davon ausgegangen, dass Raupenkrane in ihren Kosten höher liegen als Auto-krane, wodurch diese zur Unterscheidung einen Punkt weniger erhalten. Dabei ist es durch die getroffene Wichtung entscheidend, ob sich dieser Kran nun auf dem Ofenfundament oder neben der späteren Schutzhalle befinden wird. Grundlage dafür ist die Annahme, dass ein Kran im Steinlager etwa 4 mal so hohe Kosten wie der Kran auf dem Fundament verursacht.

Beschreibung	Wich- tung	Punkteverteilung der jeweiligen Kombinationen															
		Variante 1				Variante 2				Variante 3				Variante 4			
		Einzelbinder		Doppelbinder		Einzelbinder		Doppelbinder		Einzelbinder		Doppelbinder		Einzelbinder		Doppelbinder	
		Ak	Rk	Ak	Rk	Ak	Rk	Ak	Rk	Ak	Rk	Ak	Rk	Ak	Rk	Ak	Rk
Schwingwiderstand des Krans	1	3	3	2	2	3	3	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1
Vormontageplatz	7	3	3	2	2	2	2	1	1	3	3	2	2	2	2	1	1
möglicher Zeitgewinn	10	1	1	2	3	1	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	2
Miet- und Betriebskosten	9	7	6	6	5	7	6	6	5	3	2	2	1	3	2	2	1
Endmontageplatz /-freiheit	8	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	2	2	3	3
Fundamentstatik erforderlich	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
zusätzliche Montageverbände	4	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
Montagefreiheit auf Fundament	6	1	1	2	2	1	1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
Schwenk- und Hubzeiten	3	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Abstützen des Krans	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Summe		121	114	131	134	118	111	118	121	111	104	112	115	108	101	99	102

Legende: Variante 1: Kran auf Fundament; Richtung 1 nach 7
 Variante 2: Kran auf Fundament; Richtung 7 nach 1
 Variante 3: Kran im Steinlager; Richtung 1 nach 7
 Variante 4: Kran im Steinlager; Richtung 7 nach 1

Ak: Autokran Rk: Raupenkran
 Wichtung:
 von 1 (marginaler Einfluss) bis 10 (besonders wichtig)
 multipliziert mit jeweiligen Punkten (1-7) und zum Ergebnis aufsummiert

Tabelle 3: Variantenvergleich

Ausformuliert erkennt man im Ergebnis, dass sich die Vorkopfmontage von Doppelbindern unter Nutzung eines Raupenkrans mit Fundamentstandort vorteilig auf die Montage auswirkt. Weil dies ein verhältnismäßig knappes Ergebnis ist, wäre eine genauere Bearbeitung sinnvoll; was jedoch zwangsläufig den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde und eher ein eigenständiges wissenschaftliches Thema (z.B. Optimierung bei der Kranauswahl) bilden könnte.

Wir entscheiden uns also zunächst für einen Raupenkran zur Vorkopfmontage von Doppelbindern. Für die Montage von Einzelbindern sind eher die Autokrane im Vorteil. Nun muss ein geeigneter Typ aus einer Vielzahl von Kranherstellern ausgewählt werden. Dabei ist das erforderliche Lastmoment als erstes zu berechnen.

Kranparameter

Geht man von einer Doppelbindermontage aus, bei der sich der Kran auf dem Fundament befindet, kann dieses am Anfang auch als Vormontageplatz mit genutzt werden. Im späteren Montageverlauf wird es allerdings notwendig, dass der Vormontageplatz ins Steinlager ausweicht. Die erforderliche Ausladung ergibt sich dabei in erster Näherung aus der halben Hallenbreite, dem halben Binderabstand, sowie einem ausreichend großen Bereich für kleinere Hebezeuge und deren Arbeits- und Rangierstrahlen.

$$l_{\text{erf}} = 13,73 \text{ m} + 3,75 \text{ m} + 6,00 \text{ m} = 23,45 \text{ m} \approx 25 \text{ m}$$

Unter Verwendung von Schnittzeichnungen der Züblin Stahlbau GmbH Hosena (ZSH) wurden folgende Massen [in kN] überschlägig ermittelt, um den Kran nach der max. Traglast zu dimensionieren.

Baugruppe	Annahme
Stütze A	165
Stütze B+C	232
Einzelbinder	50
2 Binder mit Blechen	145

Tabelle 4: Tonnage für Kranauswahl
und Montagevarianten

Jetzt wird ersichtlich, wie wichtig die Ausführung von Trennstößen ist. Da die Stützen in 9 t schwere Abschnitte (etwa bei 12-16 m Länge) geteilt werden können, ist wirklich der Doppelbinder maßgebend für die Kranauswahl. Das maximale Traglastmoment errechnet sich wie folgt.

Doppelbinder: $M_{\text{erf}} = 14,5 \text{ t} \times 25 \text{ m} = 362,5 \text{ tm} \approx 400 \text{ tm}$

Für die Einzelbindermontage werden hingegen die erwähnten 9 t maßgebend, woraus sich ein geringeres Lastmoment ergibt. Da die Montage nun auch bequem auf dem Fundament zwischen den Bindern vollzogen werden kann, lässt sich auch die Ausladung um 10 m reduzieren.

Einzelbinder: $M_{\text{erf}} = 9,0 \text{ t} \times 15 \text{ m} = 135 \text{ tm} \approx 150 \text{ tm}$

Auf der Internetseite <http://www.tdkv.com/raupenkrane-technische-daten> hat man eine recht gute Übersicht, der Kranhersteller, deren Typen und der verschiedenen technischen Daten. Folgende Krane kommen dabei in eine engere Auswahl.

Einzelbinder	Typ	LTL1050	RT760	RT500
	Tragfähigkeit	50 t auf 3 m	50 t auf 3 m	50 t auf 3 m
	Ballast	7,8 t	6,3 t	8,5 t
	Hauptausleger	10-31 m	10,7-33,5 m	10,5-35 m
	Gesamtmasse	40 t	41,2 t	32 t
	Zeilzug max.	49 kN	84 kN	55 kN
	Heben max.	120 m/min	120 m/min	110 m/min
	Energie	4,12 kW/t	3,49 kW/t	5,28 kW/t
Doppelbinder	Hersteller	Kobelco	Hitachi	Terex-Demag
	Typ	7090	KH500-3	CC400
	Tragfähigkeit	90 t auf 4,3 m	100t auf 4,6 m	100 t auf 4 m
	Ballast	34,3 t	33,4 t	24 t
	Hauptausleger	13,8-62,6 m	16-73 m	13-61 m
	Gesamtmasse	91 t	103 t	85 t
	Zeilzug max.	108 kN	184 kN	98 kN
	Gesch. max.	1,4 km/h	1,3 km/h	1,4 km/h
	Heben max.	120 m/min	65 m/min	100 m/min
	Energie	2,58 kW/t	2,00 kW/t	2,14 kW/t

Tabelle 5: Kranauswahl

Damit haben wir vorerst eine grobe Orientierung. Auf Grund der hohen Eigenmasse des Auslegers gilt zu beachten, dass die Tragfähigkeit eines mobilen Krans sehr stark abfällt, wenn die Ausladung zunimmt. Das Tragverhalten lässt sich außerdem noch durch eine zusätzliche Kranabstützung verbessern, was allerdings beim Versetzen des Krans einen zeitlichen Mehraufwand darstellt. So muss an diese Auswahl knüpfend nun Rücksprache mit den Kranherstellern oder den Vermietungen gehalten werden. Es werden nämlich neben den Lastdiagrammen noch die verschiedenen Ansichtszeichnungen und Mietpreise benötigt, wobei die ersten beiden herangezogen werden um die Kranstandorte und die Krandimensionierung zu überprüfen. Es kann nämlich durchaus passieren, dass noch leistungsfähigere Krane benötigt werden.

Nachdem dann die endgültige Entscheidung getroffen wurde, muss zwingend die Standsicherheit des Standortes überprüft werden. Da das Ofenfundament jedoch für Lasten jenseits von 200 kN/m^2 ausgelegt wurde, werden hier wahrscheinlich keine Sonderlösungen bzgl. lastverteilernder Maßnahmen zu erwarten sein. Für das Fundament ist lediglich eine Schutzschicht aus Schotter oder Recyclingmaterial vorzusehen um eine Beschädigung der Betonoberfläche vermeiden zu können. Auch im Steinlager ist eine Aufschotterung vorgesehen, wobei hier keine Probleme bzgl. der auftretenden Belastungen zu erwarten sind.

Die Einzelbindermontage ist auch mit zwei Kranen denkbar, sodass keine gesonderte Binderabspannung vorgesehen werden muss. Allerdings muss dann der erhöhte Platzbedarf und die Einschränkung der Montagefreiheit auf dem Fundament bedacht werden. Außerdem ist der direkte Kostenvergleich zur Doppelbindermontage mit Raupenkran notwendig.

3.1.7 Kritische Punkte

Da nun die Auswahl des Krans ausgiebig beleuchtet wurde, kommen wir nun zu einigen Problemen, mit denen speziell nur dieses Bauvorhaben aufwartet.

Wie erwähnt sind die Platzverhältnisse vor Ort sehr stark begrenzt, was sich direkt auf die Größe des Vormontageplatzes der Doppelbinder auswirkt. Wenn sich nun der Kran auf dem Fundament befindet, wird die Vormontage der Binder in Hallenlängsachsenorientierung erfolgen müssen. Das führt dazu, dass die Pfetten leider nicht in Feldmitte gestoßen werden können, da diese Art der Vormontage einen enormen Platzbedarf von $15 \text{ m} \times 24 \text{ m}$ (zzgl. einem Streifen in dem sich Arbeitskräfte und Teleskoplader be-

wegen können) darstellt. Das Doppelbindersystem wird also auf eine gerade noch erträgliche Breite reduziert. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass möglichst viele Reihen der Trapezprofile auf den Pfetten angebracht werden können.

Befindet sich der Kran neben der Halle, so ist die Montage mit der Variante 15 m x 24 m durchaus denkbar, allerdings würde dies sicher nur bis zu Binder 4 funktionieren. Danach kommt es mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Beeinträchtigungen der Betonierarbeiten im Baufeld 2, weshalb also auch hier das System der reduzierten Breite von Anfang an seine Anwendung finden sollte.

Ein weitaus größeres Problem, stellt die bereits mehrfach erwähnte Situation der Stützenachse A dar. Dass in unmittelbarer Nähe die Wagen mit dem heißen Koks vorbeifahren und sich dort demnach keine Hebezeuge und Personen aufhalten dürfen, erscheint ein Abspannen der Stützen zunächst als einfache Montagelösung. Da jedoch dieses Gleis auch nicht überspannt werden darf, scheitert die Möglichkeit des Abspannens am daraus resultierenden zusätzlichen Freiheitsgrad. Außerdem ist es strikt untersagt, im Fundament Dübel jeder Art zu setzen. Es wird somit eine Sonderlösung Anwendung finden müssen.

Abstützsystem der Stützen in Achse A

Bei der Montage von freistehenden Stützen müssen stets Imperfektionen und Windeinwirkungen berücksichtigt werden. Die daraus resultierenden Kräfte sorgen dafür, dass die Stütze ohne zusätzlicher Halterung umkippen wird. Um dem entgegenzuwirken müssen diese Kräfte über Druck- und Zugglieder abgefangen werden.

Die Ausbildung des Druckpunktes ist im vorliegenden Fall verhältnismäßig einfach. Man bedient sich einer dreieckigen Konsole, die mit der Stütze fest verbunden ist und die horizontal und vertikal auftretenden Druckkräfte ins Fundament einleitet. Die Abtragung der horizontalen Druckkräfte wird dabei über einen Anschlag an der Bodenplatte realisiert.

Für die Zugpunktausbildung hat man zwei Möglichkeiten. Entweder spannt man ein Zugseil oder eine Zugstange bis zum nächsten Festlager (Achse B) oder man nutzt die vorhandene Ankerstange im Ofenfundament. Beide Varianten werden nun in Prinzipskizzen vorgestellt.

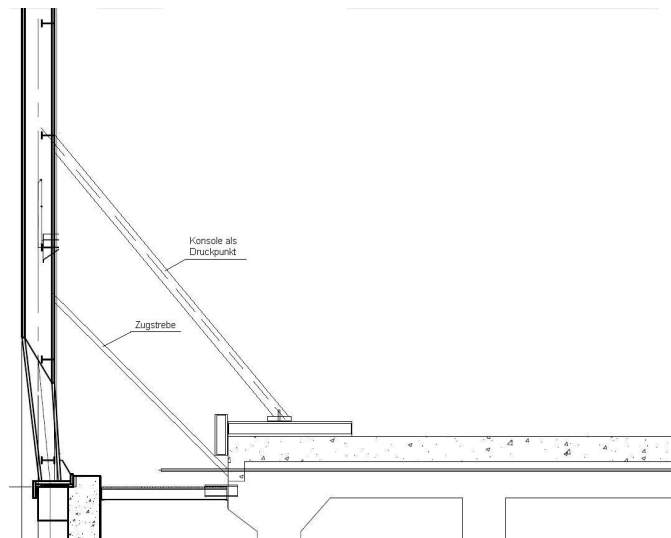


Abbildung 9: Variante 1 - Nutzung der Ankerstange

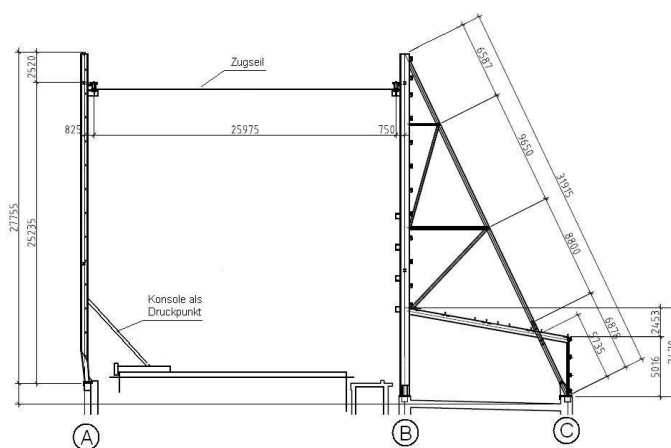


Abbildung 10: Variante 2 - Seilabspannung

Rein vom montage-technischen Ablauf ist die Variante 1 deutlich schneller und kostengünstiger durchführbar als Variante 2. Bei der Nachweisführung der Variante 1 dürfte jedoch der Schrägzuganteil, welcher auf die Ankerstange wirkt, sehr stark ins Gewicht fallen. In diesem Fall ist die zweite Variante deutlich besser aufgestellt, da auf Grund

des sehr großen Hebels die nötige Seilspannung verhältnismäßig gering ausfallen kann. Auf Grund des Seiles wird allerdings die Montagefreiheit des Krans stark beeinflusst. Aus statischer Sicht würden je nach Dimensionierung der Spann- und Druckelemente jedoch die beiden Varianten gut funktionieren.

Ebenso realisierbar ist eine weitere Möglichkeit um die Stützen der Achse A zu fixieren. Wie in der folgenden Skizze zu erkennen ist, findet eine Gerüsturmkonstruktion ihre Anwendung. Über diesen Gerüsturm und die Verkeilung mit dem Fundament werden so neben den Druck- auch die Zugkräfte sicher abgetragen.

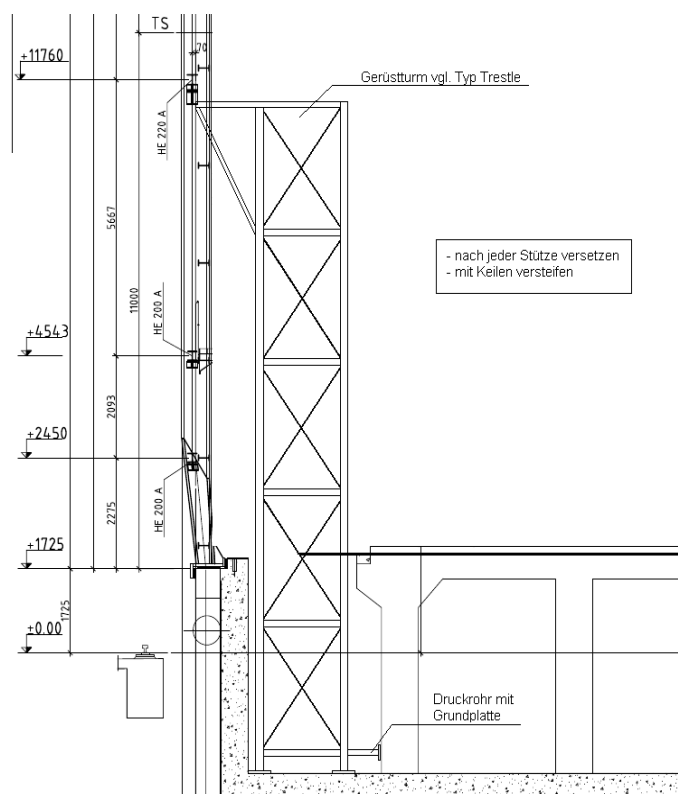


Abbildung 11: Variante 3 - Gerüsturm

Auch diese Variante bedeutet einen großen Aufwand für die Montage sowohl höhere Materialkosten als die anderen beiden Varianten. Dies liegt in erster Linie an der Größe der Konstruktion und der zeitaufwendigen Verkeilung mit dem Fundament.

Fazit

Im direkten Vergleich der aufgezeigten Möglichkeiten besticht Variante 1 durch ihre Einfachheit und die schnell durchführbare Montage, wobei hier von höchstens einer Stunde Arbeitszeit je Stütze ausgegangen wird. Die beiden anderen Varianten werden wegen ihrer Nachteile im Montagekonzept nicht weiter betrachtet, weshalb Variante 1 die bevorzugte Lösung dieses Problems darstellt.

Zu beachten ist, dass bei der Montagerichtung von Achse 1 nach Achse 7 bei allen hier vorgestellten Varianten ein zusätzlicher Verband zwischen Achse 1 und 2 die Voraussetzung bildet.

3.1.8 Berechnung von Montagezuständen

Schon während der ersten Projektierungsphasen müssen die Vor- und Endmontageabläufe weitestgehend grob bedacht worden sein. So ist es zum Beispiel für die Statik und Konstruktion enorm wichtig, wie und wo Anschlagpunkte an Bauteilen ausgebildet werden.

Die Statik der Halle ist längst fertiggestellt wurden und auch verschiedene Montagekonzepte wurden durchgerechnet. Da eine erneute Berechnung dieses Projektes sehr zeitaufwendig ist und zweifellos den Rahmen dieser Bachelorarbeit sprengt, wird im Folgenden nur auf wichtige Punkte der Montage eingegangen, die bei diesem und ähnlichen Bauvorhaben bedacht werden müssen.

Neben den Belastungen und Besonderheiten während der Montage wird dabei auch auf wichtige Nachweise kurz eingegangen.

Lasten im Montagefall

Für die Dimensionierung der Hebezeuge ist es zwingend notwendig, die Massen (Eigenlasten) der zu hebenden Bauteile zu kennen. Doch nicht nur zur Kranauswahl, sondern auch für die Transportfahrzeuge ist diese Kenntnis von großer Wichtigkeit.

Neben den Windlasten sind auch andere natürliche Einflüsse wie Schnee und Eis mit einzubeziehen. Hierfür bietet die DIN 1055 ausreichend gute Modelle um sich der wahren Belastung anzunähern. Auf die Kürze der Zeit bezogen, die zur Montage zur Verfügung steht, lassen sich diese Belastungen noch stark reduzieren. Denn es wäre unnötig einen Jahrhundertwind gepaart mit dem Jahrhundertschneefall anzusetzen.

Für den Montagefall lassen sich außerdem diverse Einschränkungen vereinbaren. So ist kranspezifisch die maximale Windgeschwindigkeit während der Arbeiten begrenzt. Schnee und Eislasten kann man natürlich mit in die Berechnung einbeziehen. Doch auch ist es im Bedarfsfall möglich, die Baustellenarbeiten einzustellen oder aktiv Gegenmaßnahmen einzuleiten.

So kann festgelegt werden, dass Dachflächen bei Schneefall zu beräumen sind und Vereisungen durch Gebläse- oder Brennereinsätze gezielt beseitigt werden.

Selbstverständlich werden auch Verkehrslasten zu erwarten sein. Beispielsweise die Lasten der Monteure und Steine auf den Arbeitsbühnen oder wenn Trapezblechpakete auf das Dach gehoben werden.

Berechnung von Montagezuständen

Je nach Gewicht und Abmessungen der Bauteile und Baugruppen treten verschiedene Belastungssituationen auf. Diese müsse zwingend berechnet werden, damit während der Montage keine bleibenden Verformungen der Stahlbauteile auftreten oder gar Anschlagpunkte oder Verbindungsmittel (VBM) versagen.

Denkt man beispielsweise an das Aufrichten eines Binders, wird dieser um seine schwache Achse belastet. Auf Grund der auftretenden Biegung sind hierfür die erforderlichen Nachweise zu erbringen. Ebenso sind für die Haltekonstruktion der Stützen die nötigen Nachweise und Berechnungen zu führen.

Für den Krannachweis sollte neben dem Traglastmoment noch die Ausladung, Bodenpressung, Hakenhöhe, Lastaufnahmemittel und der Arbeitsradius untersucht werden.

Damit Anschlagpunkte und Traversen nicht versagen, sind auf Grund der unterschiedlichen Belastungen sämtliche Nachweise von Blechen, VBM und Schweißnähten zu führen.

Denkt man an die Errichtung der Fassade, so muss stets mit einer Windruck/-sogsituation gerechnet werden, die die VBM aushalten müssen. Das Ausschlusskriterium der VBM wird dabei die dreiseitig geschlossene Halle darstellen. Hierfür sind die Trapezprofile und VBM entsprechend nachzuweisen. Aus all diesen Nachweisen ergibt sich dann die Auswahl der VBM mit dazugehörigen Befestigungsplänen.

3.2 Anbringung der Fassade

Die Verkleidung des Stahlbaus erfolgt durch einschalig ungedämmte Trapezprofilbleche, die per LKW zur Baustelle transportiert werden. Wie schon erwähnt spielt die Farbechtheit und Qualität der Blechoberflächen nicht die tragende Rolle. Trotzdem werden die Bleche geschützt in Holzrahmen oder auf Holzpaletten verpackt. Für das Entladen dieser Pakete können neben dem Montagekran auch kleine Teleskoplader oder Stapler verwendet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Bleche nicht beschädigt oder durchgebogen werden. Um dem entgegenzuwirken sind bei langen Profiltafeln zum Entladen geeignete Anschlagmittel und Traversen vorzusehen.

Der Montageablauf sollte nach Möglichkeit dahingehend gestaltet werden, dass die Bleche erst unmittelbar zum Zeitpunkt ihrer Montage angeliefert werden und dann sofort zum Endmontageort gehoben werden. Dies erfordert zwar einen höheren Organisationsaufwand, erspart aber mehrmals zeitaufwendiges Anschlagen, Bewegen und Umlagern der Bleche.

Da die Halle nach 2 Jahren wieder rückgebaut wird, sollte bei der Erstellung der Montageanweisung stets der Fall der Demontage im Hinterkopf behalten werden, um diese dann schnellstmöglich durchführen zu können.

3.2.1 Wand

Die Montagerichtung von Wandverkleidungen kann je nach Situation üblicher Weise von unten nach oben oder umgekehrt realisiert werden. Zu dieser Schlussfolgerung kommt man, wenn man sich für eine außen befindliche oder innen liegende Fassade entscheidet. Dabei hat man nun folgende Montagemöglichkeiten:

- Stellen von Gerüsten
- Nutzung von Hubsteigern
- Montage über Seilarbeitsbühnen

Gibt es um die zu errichtende Halle genügend Freiflächen, ist das Anbringen der Fassade von außen am sinnvollsten. Diese Möglichkeit trifft für die Längswand der Achse B und die beiden Giebelwände zu. Wie erwähnt ist diese Form der Montage bei der Längswand der Achse A so nicht durchführbar. Eine Befestigung auf der Innenseite

ist wegen des Gleises die direkte Konsequenz um noch kostengünstig montieren zu können. Das bedeutet jedoch, dass bei der Montage von unten nach oben die Stöße falsch ausgebildet würden. Aus diesem Grund ist in Achse A eine Montagerichtung von oben nach anzustreben.

Die Montage der Wandelemente erfordert wegen der Wandhöhe mindestens einen Querstoß. Überlegenswert ist es an dieser Stelle mehrere Querstößen einzubringen, da die kürzeren Blechtafeln ein leichteres Montieren zur Folge haben. Die Blechstärke der verwendeten Trapezprofile beträgt dabei lediglich 0,63 mm, wodurch sich anschließend die Frage nach der Art Befestigung stellt. Wirtschaftlich kann diese mittels Bolzensetzgeräten oder selbst bohrenden Schrauben verwirklicht werden. Die Montage mittels Setzbolzen ist dabei ungeschlagen schnell, weshalb sich die hohen Kosten der Setzgeräte, Bolzen und Treibsätze schnell rentieren.

Setzbolzen haben bei diesem Projekt jedoch einen ganz gravierenden Nachteil. Da stets mit Kondensation zu rechnen ist, dürfen keine verzinkten Bolzen verwendet werden, da diese dann neben der Abtragkorrosion auch der Wasserstoffversprödung unterliegen. Durch die Wasserstoffversprödung führen bereits geringe Belastungen zu einem Bolzenversagen, weshalb hier Schrauben bevorzugt angewendet werden sollten.

Mit Blick auf die Demontage gestaltet sich das Lösen einer Schraubverbindung auch einfacher, als das Abschlagen eines Bolzens.

Die Montagekräfte benötigen Seilarbeitsbühnen, Gerüste oder Steiger. Von Vorteil dürfte die Verwendung von fahrbaren Hebebühnen sein, wodurch ein schneller Positionswechsel von statten gehen kann. Diese benötigen jedoch Fahr- und Rangierbereiche und verursachen zusätzliche Kosten aus Anmietung und Nutzung. Die Nutzung eines geeigneten Gerüsts dürfte bei diesem Projekt die schlechteste Variante darstellen, da selbst bei einem fahrbaren Gerüst die Kosten sehr hoch ausfallen werden und sich die Montage auch nicht genügend schnell realisieren lässt.

Sowohl für die Innen- und Außenmontage sind Seilarbeitsbühnen eine geeignete Alternative. Diese können ohne größere Probleme an den Fachwerkbindern angebracht werden.

Fazit

Zur Montage der Wandverkleidung benutzen wir bevorzugt die Seilarbeitsbühnen gepaart mit dem Einsatz von Hubsteigern. Die Trapezbleche der Fassade und des Dachsen werden dabei mittels Schrauben befestigt.

3.2.2 Dach

Die im Gefälle des Daches vom First zur Traufe verlaufenden Profile liegen auf den Pfetten auf, wobei nachgewiesen werden muss, dass diese genügend große Auflagerbreiten aufweisen. Als tertiäres Element bilden die Fassade und die Dachhaut den Raumabschluss und sind gleichzeitig die wasserableitenden Schichten der Halle.

Auf Grund der Blechstärke von 0,75 mm ist das Dach gerade noch ohne lastverteilenden Maßnahmen begehbar, sodass eine Montage direkt auf dem Dach denkbar ist. Je nach Länge der verwendeten Tafeln kann dies aber recht schwierig werden.

Von herausragender Bedeutung ist demnach die Überlegung, ob Teile des Daches bereits am Boden montiert werden können. Dadurch verzögert sich zwar der Montagefortschritt der Binder, reduziert auf der anderen Seite jedoch die Gesamtzeit für die Dachmontage. Es ist jedoch nicht das primäre Ziel. Denn es darf nicht passieren, dass der Vormontageplatz der Binder unnötig lang belegt bleibt und damit ruht. Wenn im zeitlichen Ablauf dieser kritische Punkt näher rückt ist es sinnvoll, den fertigen Binder auf die Stützen zu heben, um mit der Vormontage des nächsten Binders zu beginnen. Ist dies einmal der Fall, werden die Blechpakete auf das Dach gehoben und die Montage muss auf dem Dach erfolgen.

Überlegenswert ist an dieser Stelle die Auswahl der Blechlänge. Die erforderlichen Blechlängen von etwa 15 m sind ohne Problem von den Herstellern zu beziehen. Die 15 m langen Tafeln haben den Vorteil, dass sich auf Grund des statischen Systems Dreifeldträger günstige Schnittgrößen und deren Verläufe ergeben. Nachteilig wirkt sich bei diesen Abmessungen ganz klar die schwierigere Montage bzw. die Ausrichtung der Bleche aus.

Die Dachneigung des Satteldaches liegt im vorliegenden Fall bei etwa 2,8° und damit unter 3°. Dies hat zur Folge, dass laut Flachdachrichtlinie keine Querstöße ausgebildet werden dürfen. Da man sich bei der Projektierung der Halle für ein Kaltdach entschieden hat und sich somit auch die Kondenswasserbildung nicht vermeiden lässt,

sollte die Möglichkeit einer Ausnahmeregelung mit dem Auftraggeber geprüft werden. Denn wenn dieser zustimmt, können auf dem Dach Querstöße ausgebildet werden und damit auch kleinere Blechlängen verbaut werden. Dadurch werden zwar die Schnittgrößen wieder ungünstiger, allerdings lassen sich so die Tafeln entschieden leichter ausrichten und montieren. Durch die Wahl von kürzeren Blechen ist es auch leichter die vorgeschriebenen Dachdurchbrüche (RWA-Anlagen) auszuführen und bereits benutztes Material zu verwenden, was wiederum eine Möglichkeit der Einsparung darstellt.

3.3 Ankerständer

Die Fertigung der Ankerständer (AS) erfolgt bei diesem Projekt beim Auftraggeber (HKM). Sie bilden das spätere Korsett des Ofens und sorgen dafür, dass einerseits die Lasten aus der Ofenbeschickung, aus dem Koksdruckvorgang und andererseits auch Kräfte aus thermisch bedingten Längenänderungen sicher abgefangen werden können.

Für die Errichtung der AS ergeben sich zwei Möglichkeiten. Als erste Variante liegt die Überlegung nahe, die AS mit zunehmendem Fortschritt der Hallenmontage ebenso sukzessive aufzustellen. Hierfür wäre dann der Einsatz des Montagekrans denkbar.

Diese Variante ist jedoch nach Information der Herstellerfirma aus folgenden Gründen nicht möglich.

- AS können die auftretenden Windlasten nicht abtragen
- angebrachte Hitzeschutzmatten sind vor Niederschlägen zu schützen

Aus diesen beiden Punkten resultiert die zweite Variante. Hierbei wird mit der Montage der AS erst begonnen, wenn die OSH komplett geschlossen ist. Es ist zu untersuchen, ob bei dieser Variante die festgesetzten Termine gehalten werden können.

Von Vorteil ist dabei, dass im späteren Montageverlauf stets genügend überdachte Lagerflächen für die AS und weitere Vormontagearbeiten zur Verfügung steht. Zur eigentlichen Montage kann der bereits installierte 16 t Hallenkran genutzt werden, sodass der große Kostenfaktor Montagekran mit Fertigstellung der Halle verschwindet. Neben der Hallenkrannutzung ist selbstverständlich auch die Nutzung eines kleinen Autokrans mit geringer Ausladung möglich.

3.4 Bühnen und Treppentürme

Um den ca. 14 m hohen Ofen setzen zu können, werden Arbeitsbühnen mit der entsprechenden Absturzsicherung (Geländer) benötigt. Wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist, besitzen die 6 Bühnenebenen nur an den Ankerständen ein Festlager. Mittels Teflonplatten wird die Ausbildung der Gleitlager an der Stützensseite realisiert. Durch diese Entkoppelung werden keine Kräfte aus der Halle in den Ofen geleitet, die diesen beschädigen würden.

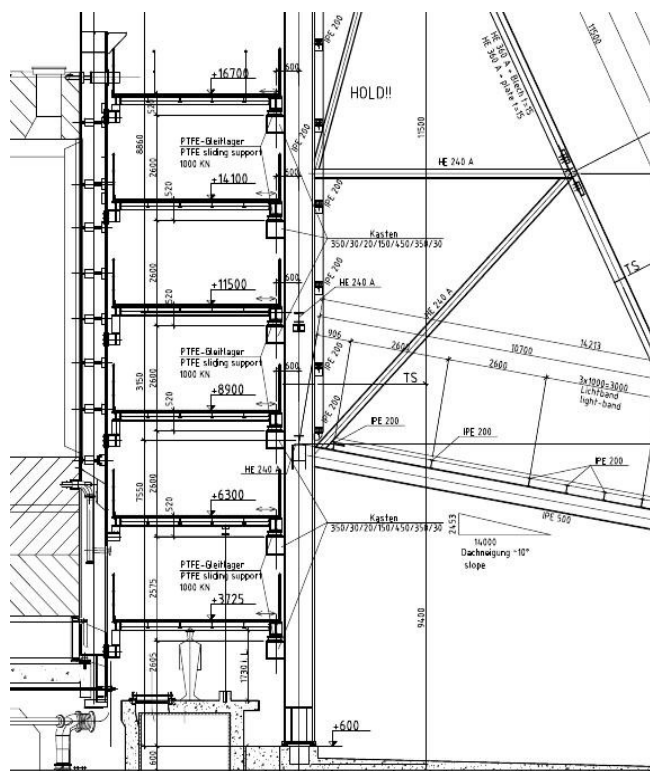


Abbildung 12: Bühnen im Querschnitt

Betrachtet man die Bühnen im Hallenlängsschnitt zeigt sich, dass jede von ihnen 105 m lang ist. Zur Aussteifung dieses Systems werden 5 Verbände eingezogen. Die Bühnen sind über drei Treppentürme erreichbar, die mit je einem Lastenaufzug versehen sind. Diese Türme befinden sich zwischen den Achsen 4 - 5, 8 - 9 sowie 12 - 13. Es bietet sich an, die Türme im Zuge des Hallenfortschritts unter Zuhilfenahme des Montagekrans zu errichten.

Auch die Bühnen werden weitestgehend vormontiert. Die Montage bzw. das Einheben der Bühnen vollzieht sich parallel mit dem Fortschritt der AS oder kann diesen etwas nachlaufen. Wie bei den Ankerständern kann die Montage mittels Autokran oder Teleskopladern erfolgen. Die Nutzung des Hallenkranes ist zur Bühnenmontage außerdem denkbar, wenn diese noch im Fahrbereich des Krans liegen.

3.5 Montagekonzept und Ergebnisse

Unter diesem Punkt werden die bisher beschriebenen Auswahlkriterien und Entscheidungen zusammenfassend dargestellt und zu einem Montagekonzept gefügt.

Angedacht ist eine Vorkopfmontage mittels Raupenkran, welcher sich auf dem Fundament befindet. Die Stützen der ersten beiden Achsen werden gestellt und in Anlehnung an Abb.9 S.23 nach Variante 1 fixiert. Es wird der zusätzliche Montageverband zw. Achse 1 und 2 gefolgt vom ersten Doppelbinder montiert.

Die Verankerung dieses ersten Feldes mit seinen 5 m Achsabstand und 32 m Höhe, würde jedoch mögliche Windlasten nicht sicher ins Fundament abtragen können. Deshalb ist dieser Montageablauf so nicht durchführbar. Möglich ist es natürlich mit dem großen Verbandsfeld zwischen Achse 5 und 7 zu beginnen, jedoch gibt man so die Vorteile einer Vorkopfmontage auf. Erschwerend hinzu kommt, dass die Montagefreiheit spätestens in Giebelnähe sehr stark eingeschränkt wird. Der Kran müsste ins Steinlager ausweichen, weshalb von Beginn an ein größerer Kran erforderlich ist. Dies kann also nicht die Lösung sein.

3.5.1 Abgewandeltes Montageverfahren

Wie in der folgenden Abbildung dargestellt wird, bilden wir daher eine Art Mischsystem um neben der Standfestigkeit auch das hohe Maß der Montagegeschwindigkeit bei einer Vorkopfmontage gewährleisten zu können.

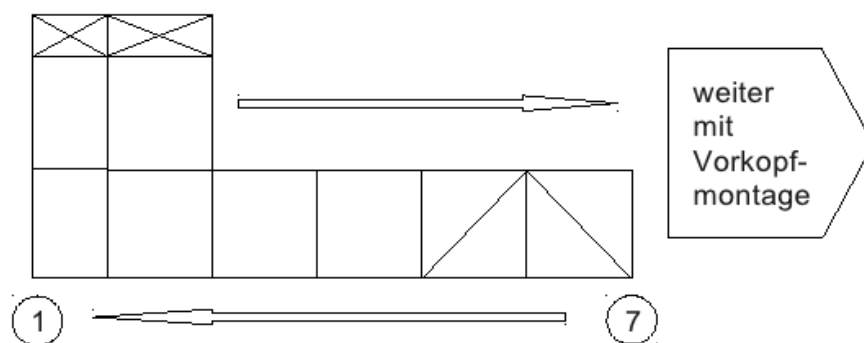


Abbildung 13: Montage im Baufeld 1

Bei der Montage des ersten Schusses wird für jede Stütze der Achsen A und B die oben erwähnte Haltekonstruktion benötigt und der Verband zwischen Achse 5 und 7 angebracht. Wenn die untere Reihe steht, erfolgt die Stützenkomplettierung und die anschließende Bindermontage in Vorkopfbauweise.

Während der nächste Doppelbinder einschließlich Dachhaut am Boden vormontiert wird, ist es sinnvoll den Kranstandort beizubehalten, um Riegel, Pfetten und die nächsten Stützen zu montieren. Anschließend wird die Fassade mittels Seilarbeitsbühnen oder Hubsteigern gefolgt von den restlichen Dachelementen angebracht.

Sind diese Arbeiten abgeschlossen wird der Kran umgesetzt, und hebt den nächsten Doppelbinder auf die ausgerichteten Stützen. Diese Schritte vollziehen sich in wiederkehrender Reihenfolge, bis die Halle fertig gestellt ist.

3.5.2 Kran

Greift man die Überlegungen der Punkte 3.1.3 (S.12) sowie 3.1.6 (S.17) auf, sollten wir uns an dieser Stelle noch einmal kurz mit der Problematik eines geeigneten Montagekrans befassen.

Schaut man sich nämlich die Traglasttabellen der einzelnen Krane aus Tabelle 5 (S.20) etwas genauer an, stellt man fest, dass keiner dieser Krane zur Montage in Frage kommt. Für dieses Bauvorhaben wird deshalb ein leistungsfähigerer Kran benötigt. Wie aus dem folgenden Diagramm ersichtlich wird, sollte die Wahl mindestens auf den LTR-1100 der Firma Liebherr, oder einen vergleichbaren Typ eines anderen Kranherstellers fallen.

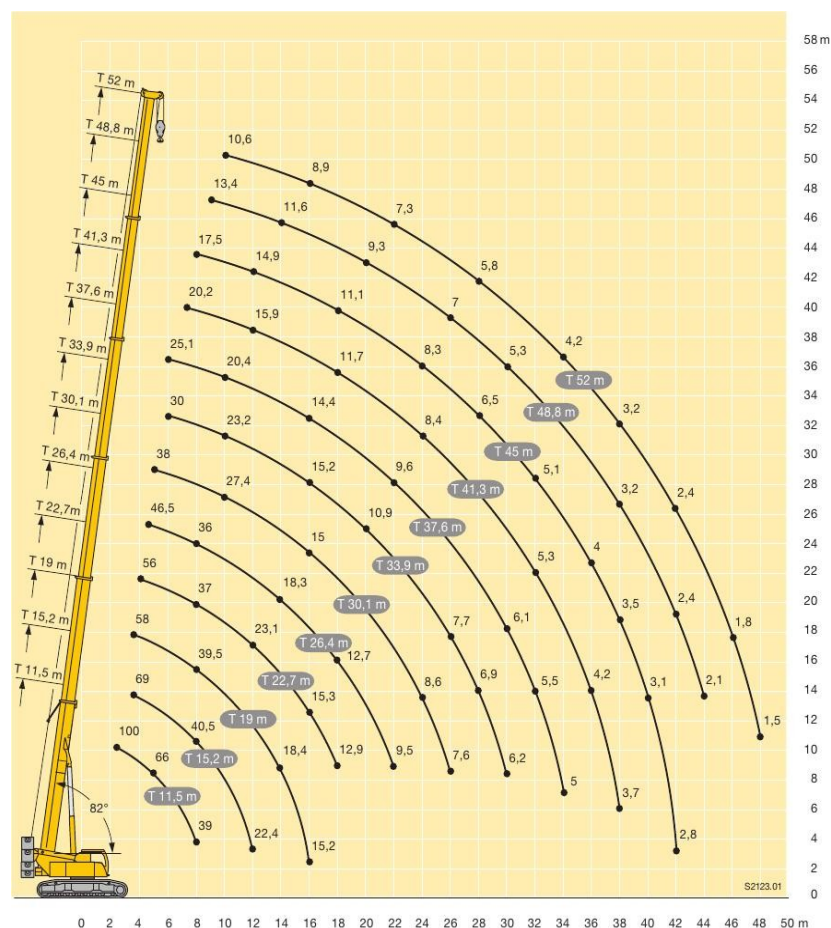


Abbildung 14: Hubhöhen LTR-1100

3.5.3 Betrachtung von Terminen

Der letzte Fundamentabschnitt wird am 15.2.2012 für die Montage freigegeben. Unabhängig vom Montagekonzept bleiben noch 7 volle Arbeitswochen bis zur Übergabe am 2.4.2012.

Veranschlagt man nun 3 Wochen für die Hallenkomplettierung, bleiben noch 4 Wochen für die Montage der AS und Bühnen, da erst ab diesem Zeitpunkt mit dem Stellen der AS begonnen werden kann. Aus Gründen der Montagefreiheit, werden im Zuge dessen die Bühnen parallel eingebaut. Da es sich jedoch um über 140 AS und 6 Bühnen zu je 105 m Länge handelt, ist es leicht ersichtlich, dass die 4 Wochen nicht ausreichend sein können. Dies führt zwangsläufig zu einer Terminüberschreitung, weshalb eine andere Lösung für den Innenausbau benötigt wird.

Diese kann so aussehen, dass die Halle in abgeschlossene Segmente unterteilt wird. Man kann dies durch zusätzliche „Giebelwände“ aus Folie realisieren. Selbstverständlich muss diese Variante auf ihre Machbarkeit hin untersucht werden und statische Nachweise erfüllen.

Wenn dieses System so funktioniert, kann mit der AS- und Bühnenmontage eher begonnen werden, wodurch die OSH doch noch termingerecht übergeben werden kann.

3.5.4 Konzept im zeitlichen Verlauf

Um die Montagereihenfolge sowie die zeitlichen Abläufe des Projektes zu veranschaulichen, wird als Hilfsmittel auf der folgenden Seite ein Gantt-Diagramm benutzt. Darin werden neben dem Abnahmetermin auch weitere kritische Termine wie Baufeldfreigaben berücksichtigt.

Die Aufteilung in halbe Wochen (Mo - Mi und Do - Sa) wird auf Grund der besseren Übersichtlichkeit der Vorgänge als ausreichend detailliert erachtet, wobei es jedoch angedacht ist, dass am Samstag nur in Bedarfsfällen gearbeitet wird. Außerdem wird durch diese Aufteilung einer Verzerrung der dargestellten Balken bedingt aus Sonn- und Feiertagen entgegengewirkt. Dem Diagramm liegt dabei ein Einschichtbetrieb (8 h pro Tag) zu Grunde.

Bauteil	Wert	Einheit	Anzahl	Masse [in t]	Zeitaufwand
Bühne	2,4	t	24 x 6 Ebenen = 144 Stück	350	3 Tage pro Feld (Vor- u. Endmontage)
Fassade (6 kg/m ²)	3	t/Feld	15 Felder	45	3 Tage pro Feld
Dach (10 kg/m ²)	3	t/Feld	8 Felder	24	3 Tage pro Feld
Pfetten und Wandriegel	15,5	t/2 Felder	7 Felder	110	1 Woche für 2 Felder
Einzelbinder	5	t	2 Stück	10	2 Tage Vormontage pro Stück
Doppelbinder mit Dach	14,5	t	7 Stück	102	1 Woche Vormontage
Giebel mit Fassade	25	t	2 Stück	50	1 Woche je Giebel
Kranbahnträger	3	t/Feld	15 Felder	45	1 Tag pro Feld
Treppenturm	20	t	3 Stück	60	1 Woche je Turm
Stütze A	16,5	t	16 Stück	264	3 Tage pro Achse
Stütze B+C	24	t	16 Stück	384	
Steinschuppen	8	t/Feld	15 Felder	120	< 1 Woche pro Feld
Summe erforderliche Stahlproduktion ZSH				1564	
Ankerständer	12	t	2 x 73 = 146 Stück	ca. 1755	1 h/Ständer (etwa 1 Feld/Tag)

Tabelle 6: Massen und Zeiten für das Gantt-Diagramm

	Baufeldfreigabe Achse 1 bis 9										Baufeldfreigabe Achse 9 bis 14						Baufeldfreigabe 14 bis 16						
Kalenderwochen 2011/12	44	45	46	47	48	49	50	51	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1 Baustelleneinrichtung																							
2 Stützen 1. Schuss einschließlich der Verbände		7 bis 1 Achsen A,B und C					8 und 9		10 – 12			13 und 14			15 und 16								
3 Vormontage Doppelbinder inkl. Dach		Db 2-3 + Giebel	Db 4-5	Db 6-7	Db 8-9					Db 10-11	Db 12-13	Db 14-15 + Giebel											
4 Stützenkomplettierung + Endmontage der Binder			Db 2-3 + 1	Db 4-5	Db 6-7					Db 8-9	Db 10-11	Db 12-13			Db 14-15 + 16								
5 Wandriegel + Pfetten				1 bis 3 + Giebel	3 bis 5	5 bis 7				7 bis 9	9 bis 11	11 bis 13				13 bis 16 + Giebel							
6 Fassade					Giebel und 1 bis 2	2 bis 5	5 bis 7 + Folie				7 bis 9	9 bis 13 + Folie				13 bis 15	15 bis 16 + Giebel						
7 Dach komplettieren					1 bis 3	3 bis 5	5 bis 7				7 bis 9	9 bis 11	11 bis 13			13 bis 15	15 bis 16						
8 Kranbahn inkl. Ausrichten							1 bis 7				7 bis 11						11 bis 16						
9 Ankerständer											1 bis 7					7 bis 13				13 bis 15			
10 Bühnen Vormontage + Komplettierung											1 bis 7					7 bis 13				13 bis 16			
11 Stahlbau Steinschuppen					1 bis 7						7 bis 13					13 bis 16							
12 Fassade Steinschuppen						1 bis 7						7 bis 13					11 bis 16						
13 Treppenturm							1. zw. 4 und 5				2. zw. 8 und 9		3. zw. 12 und 13										
14 Baustelle räumen																							
15 Kranvorhaltezeit																							
16 Tonnagebedarf aus Prod. ZSH	35	75	80	95	105	95	55	5	40	90	190	160	130	15	135	75	60	14	55	55			Σ = 1564 t
17 Tonnagebedarf Ankerständer											385	380			440	220			330				Σ = 1755 t

2.4.2012 Übergabe Ofenschutzhalle

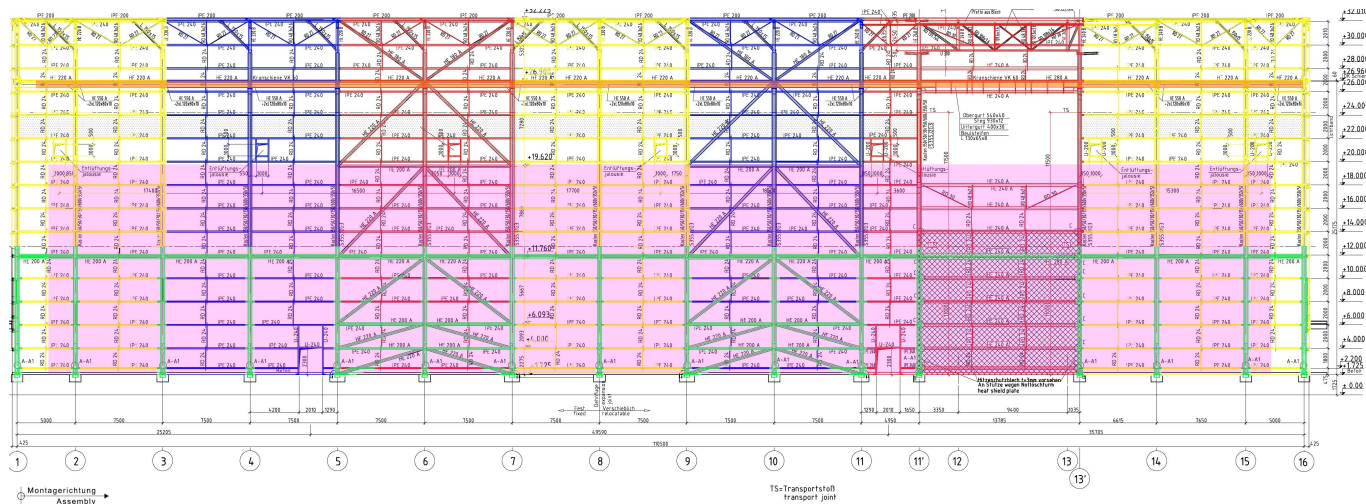


Tabelle 7: Gantt-Diagramm und Hallenlängsschnitt

3.5.5 Diagrammauswertung

Aus diesem Diagramm lassen sich nun einige Informationen und Rückschlüsse ableiten. Besonders herausragend ist die Tatsache, dass der Übergabetermin gehalten werden kann und nicht wie in der zuvor erwähnten Variante (Innenausbau erst nach geschlossener Halle) überschritten wird.

Als nächstes sieht man, dass der wöchentliche Stahlbedarf bis auf 2 Ausnahmen nicht höher liegt als 150 t und sich verhältnismäßig aufgelockert präsentiert. Wäre dieses Projekt noch in der Planungsphase, ließe sich dieses Diagramm als Grundlage für die anschließende Produktions- und Transportplanung gut verwenden, damit nicht schneller montiert wird, als überhaupt produziert werden kann. Für den Transport und die Produktion ist es sinnvoll die Tonnagen der Kalenderwochen 3, 4, 5 und 7 auf etwa 100 t pro Woche zu begrenzen. Spielraum für eine Umlagerung bieten hierbei die Wochen 50, 51 sowie 1, 2 und 6. Für diese vorgezogenen Transporte kommen am ehesten die Stahlteile der Bühnen in Frage. Vorteil der Bühnen ist ihre gute Stapelfähigkeit, weshalb sie relativ wenig Lagerkapazitäten beanspruchen werden.

Selbstverständlich erscheinen die Tonnagen der AS ausgesprochen hoch, weshalb man in der Praxis die Anlieferung dieser Bauteile mindestens auf die doppelte Wochenanzahl erhöhen sollte, um das Verkehrsaufkommen auf der Baustelle zu reduzieren.

In Summe beträgt der ermittelte Stahlbedarf 1564 t. Das Gesamtauftragsvolumen liegt laut ZSH bei etwa 1500 t (exklusive AS). Dieser 4 % Gewichtsunterschied lässt sich mit der Abschätzung für VBM und diverse Kleinteile erklären. Durch die konservative Herangehensweise wurden nämlich die Bauteile hierfür bereits mit etwa 10 - 15 % zusätzlich beaufschlagt.

Auf Grund der Betriebs- und Baustellenruhe über die Weihnachtsfeiertage wird auch der Kran in der zweiten Hälfte der 51. und die komplette 52. Kalenderwoche nicht für die Montage benötigt. Angesichts der hohen Krankosten sollte man deshalb in Rücksprache mit dem Kranvermieter prüfen, ob sich ein zwischenzeitlicher Kranabbau rentieren könnte. Inwieweit dies in der Praxis jedoch realisiert werden kann, entzieht sich allerdings der Kenntnis des Autors.

Auf Grund der jahreszeitlich zu erwartenden schlechten Witterung von Dezember bis Februar können sich Störungen in den Bereichen Transport und Montage anbahnen, die zu einem zeitlichen Verzug führen können. Sollte es dazu kommen, lässt sich dem aktiv mit der Einplanung der Samstage oder einem kurzzeitigen Zweischichtbetrieb entgegenwirken. Für einen Zweischichtbetrieb ist dann jedoch für zusätzliche Beleuchtung auf der Baustelle zu sorgen.

4 Konzept der Demontage

Das Grundprinzip einer Demontage ist das Lösen von Bauteilen in umgekehrter Reihenfolge. Laut DIN 18007 wird Demontieren als zerstörungsfreies Rückbauen von Bauteilen durch Lösen der Verbindungen und Abheben der Bauteile oder Baugruppen definiert. Als Hauptanwendungsgebiet werden der Ausbau von Bauteilen zur Wiederverwendung und Wiederverwertung genannt. Dabei sollen die Verbindungen neben ihrer guten Zugänglichkeit auch leicht lösbar sein.

Diese Definition lässt sich sicher noch erweitern, doch wird der Kern der Sache bereits deutlich. Es geht um das Entfernen eines Bauwerkes.

Der Sinn und Zweck der OSH wurde bereits erläutert. Reflektierend wird in der folgenden Abbildung gezeigt, wie der Endzustand nach der Demontage aussehen soll.

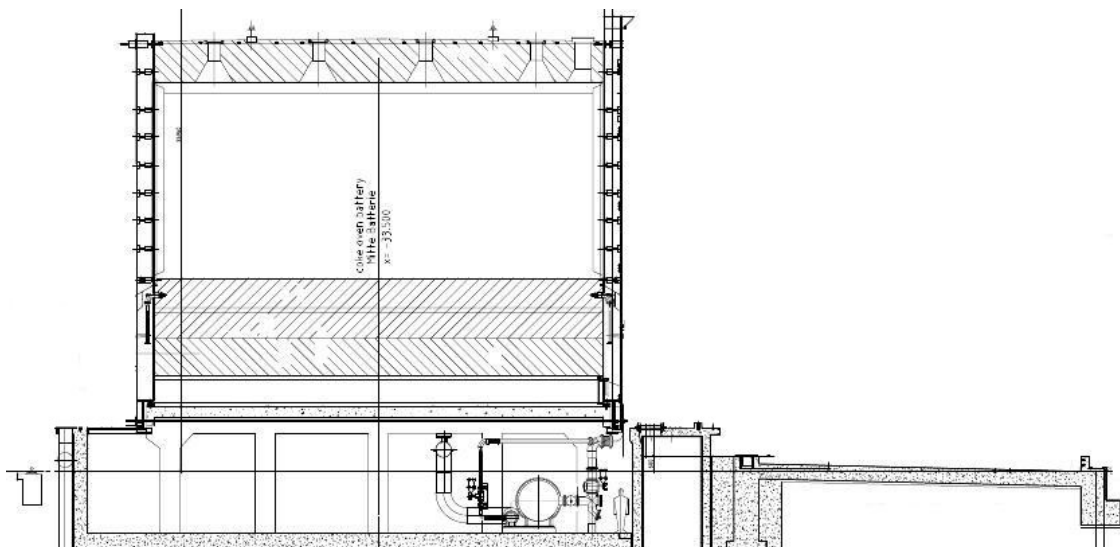


Abbildung 15: Endzustand nach Demontage

Nun stellt sich die Frage, wie die „fehlenden“ Teile verwendet oder verwertet werden. Neudeutsch lässt sich dies unter dem Begriff Recycling zusammenfassen.

Wiederverwendung

Bei der Wiederverwendung handelt es sich um die weitere Nutzung von Bauteilen oder Baugruppen nach ihrem eigentlichen Bestimmungszweck. Dabei können die Verwen-

dungsmöglichkeiten sehr unterschiedlich ausfallen. Betrachtet man dies außerdem noch unter dem energetischen Aspekt, wird der ökologische Nutzen schnell deutlich.

Sollen Stahlteile wiederverwendet werden, bedarf es zunächst einer Zwischenlagerung auf der Demontagebaustelle. Es folgt der Abtransport zur nächsten Montagebaustelle oder in ein geeignetes Zwischenlager. Auf Grund möglicher Änderungen werden die Bauteile dort anschließend aufbereitet. Man kann auch von einer Remontage sprechen, wobei im Einzelfall geprüft werden muss, ob dies wirklich einen wirtschaftlichen Nutzen bringt.

Wiederverwertung

Die Wiederverwertung beschäftigt sich mit der Rückführung in den stofflichen Kreislauf. Für die verbauten Stahlteile bedeutet dies nichts anderes, als der Abtransport zum Schrottplatz. Dort werden diese nach verschiedenen Kriterien sortiert und dem Schmelzbetrieb zugeführt.

Wiederverwendung oder Wiederverwertung?

Wie in der Einleitung dieser Arbeit erwähnt wurde liegt das Hauptaugenmerk der Demontage auf der Wiederverwertung. Dennoch soll in der folgenden Übersicht gezeigt werden, bei welchen Bauteilen eine weitere Nutzung sinnvoll ist.

Bauteil	Verwertung	Verwendung	Beschreibung
Bühnen		x	Walzprofile HE 200 A, HE 240 A, HE 300 M
Fassade		(x)	Trapezblech 0,63 mm
Dach		(x)	Trapezblech 0,75 mm
Pfetten		x	Walzprofile IPE 200
Wandriegel		x	Walzprofile IPE 240 bzw. IPE 200
Binder	x		Schweißbauteil mit Sondermaßen
Kranbahnträger		x	Walzprofil HE 550 A
Schienen		x	Vierkant 60x60
Stützen	x		Kastenprofil mit Sondermaßen

Tabelle 8: Auswahlhilfe zur weiteren Nutzung

Die Wiederverwendungsmöglichkeit der gewalzten Profile ist ohne großem Aufwand gut realisierbar und lohnt allemal mit Hinblick auf die Stahlpreise am Markt. Nach dem

Abtrennen der Enden, welche die Bohrungen enthalten, können so verschiedene Profile von etwa 7 m Länge in weiteren Bauvorhaben kostensparend eingesetzt werden.

Bei den Trapezprofilblechen ist diese Betrachtung nicht ganz so trivial, weshalb die Kreuze eingeklammert sind. Prinzipiell ist es beim Dach technisch möglich, dieses wiederzuverwenden. Allerdings ist hier der Einsatz nur noch als untere Haut bei einem zweischaligen Dachaufbau denkbar. Anders die Fassadenprofiltafeln, die hierfür zu dünn und damit nicht ausreichend tragfähig sind. Bei ihnen kann man aber über eine Verwendung für temporäre Einhausungen nachdenken, was technisch möglich ist.

Dachbinder und Stützen sind speziell für dieses Bauvorhaben konzipiert worden. Auf Grund ihrer Dimensionen ist es sehr unwahrscheinlich, dass diese Bauteile bei anderen Projekten eine sinnvolle Verwendung finden können. Wir bevorzugen also für diese massiven, geschweißten Stahlteile die stoffliche Verwertung.

Ablauf der Demontage

Der Rückbau der gesamten OSH beginnt laut Terminplan ab dem 04.04.2013. Diese Arbeiten sollen bis zum 22.06.2013 abgeschlossen sein. Während dieses Zeitraum findet außerdem noch ab Anfang Mai die Aufheizung des Ofens statt. Dem Autor liegen jedoch keine Angaben zur Intensität der daraus resultierenden Wärmeleitung oder -strahlung vor. Man kann aber davon ausgehen, dass diese im Rahmen des Erträglichen liegen und deshalb keine besonderen Schutzmaßnahmen erforderlich sein werden.

Für die Demontage und anschließende Transportaufgaben müssen diverse Fahrzeuge und Geräte bereitgestellt werden. So werden neben den geeigneten Hebezeugen auch Zugmaschinen mit Sattelaufleger oder Tieflader, Bühnen, Stapler oder Hilfskonstruktionen benötigt. Aus deren Anmietung und Nutzung resultieren Kosten, die es einzukalkulieren gilt.

Sollen Teile oder ganze Baugruppen wiederverwendet werden, ist es von essentieller Bedeutung, ob die passenden Hebezeuge auch am Entladeort zur Verfügung stehen.

Das folgende Schema stellt nun die prinzipiellen Abläufe einer Demontage dar.

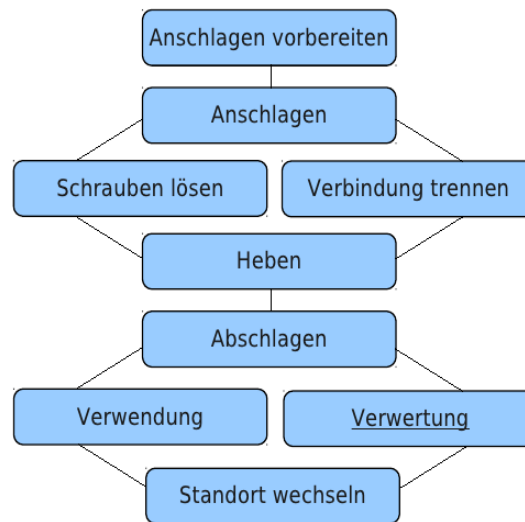


Abbildung 16: Prinzip der Demontage

4.1 Bühnen

Die Arbeitsbühnen lassen sich mit dem Kran erst dann gut demontieren, wenn bereits die Wandriegel oder gar die Dachbinder entfernt wurden. Dieses Vorgehen ist allerdings sehr mühselig und führt unter Umständen auch zu statischen Problemen (wenn Dachbinder fehlen).

Sehr zeitaufwändig wäre die Benutzung des Hallenkranes, wobei gar nicht sichergestellt ist, ob die Bühnen auch in dessen Fahrbereich liegen und wohin sie dann transportiert werden. Hubsteiger oder kleine Krane können nicht zwischen der Stützenachse B und dem Ofen manövrieren und fahren, weshalb diese Hilfsmittel zur Demontage auch ausfallen.

Eine vierte und letzte Möglichkeit befasst sich mit dem Rückbau der Bühnen noch während der Ofenbauarbeiten. Ist nämlich der Ofenbau soweit fortgeschritten, dass die Ofensetzer die nächst höher gelegene Bühne benutzen müssen, kann die zuvor genutzte Bühnenebene entfernt werden. Dabei sind keine statischen Probleme zu erwarten.

ten, da jede Bühne für sich ihre Lasten in die AS und Stützen einleitet. Auf Grund der beengten Platzverhältnisse ist allerdings das Zerlegen vor Ort nötig. Die Geländer, Holzplanken und Stahlträger werden dann mittels Seilwinde, die an der nächsten Bühnenebene befestigt wird, herabgelassen und zur Seite aus der Halle gebracht.

Durch dieses Vorgehen hat man einen großen zeitlichen Vorlauf, sodass die Demontage insgesamt schneller, als bei den anderen Varianten von statten gehen wird. Außerdem besticht diese Variante durch ihre Einfachheit und soll deshalb bei der Bühnendemontage vorzugsweise angewendet werden.

4.2 Entfernen der Fassade

4.2.1 Fassade

Für die Fassadendemontage bedarf es einer neuen Herangehensweise, da sich im Vergleich zur Montage die Randbedingungen entschieden geändert haben. Der Grund dafür ist in der Einschränkung der Bewegungsfreiheit wegen des bestehenden Ofens und des Verbleibs der AS zu suchen. Es können also keine Hubsteiger oder Krane mehr auf dem Fundament fahren. Für den Rückbau der Fassade lassen sich dennoch zwei unterschiedliche Varianten finden.

Prinzipiell wird mit der Demontage der Fassade begonnen. Es wird das Montagekonzept aufgegriffen. Die Fassade der Giebelwände und der Achse B kann mittels Hubsteigern oder Seilarbeitsbühnen von außen (Standort Steinlager) entfernt werden. Für Achse A sind wegen der besonderen Stützensituation wieder mehrere Varianten zu untersuchen.

Variante 1

In Variante 1 wird eine Kombination aus Seilarbeitsbühne und der Hallenkrannutzung angestrebt. Diese sieht so aus, dass sich die Monteure in den Bühnengondeln befinden und die gelösten Blechtafeln unter Benutzung des Hallenkrans auf die andere Hallenseite gehoben werden. Dort angelangt können diese auf den Arbeitsbühnen (Zwischen Ofen und Achse B) oder auf dem Ofen in Paketen gesammelt werden. Diese Blechpakete werden dann mittels Kran direkt auf LKW verladen oder in ein Zwischenlager gehoben.

Variante 2

Variante 2 sieht den Einsatz von Hubsteigern vor, die sich auf der Ofendecken befinden. Für dieses Verfahren müssen jedoch im Vorfeld die Ofenaufbauten und Verbände entfernt werden.

4.2.2 Dach

Das Entfernen der Dachhaut gestaltet sich im Prinzip wie die Montage, nur in umgekehrter Reihenfolge. Das liegt daran, dass sie die Randbedingungen hierfür nicht geändert haben und so das Konzept der Montage (einschließlich Zeitplan) aufgegriffen werden kann.

Dieses sieht das entfernen von schmalen Dachstreifen vor, sodass die Anschlagpunkte der Doppelbinder frei liegen. Die auf den Doppelbindern verbliebenen Blechtafeln werden dann am Boden wieder entfernt.

Es besteht aber auch die Möglichkeit, das Dach achsweise zu demontieren. Hierfür müsste allerdings das Dach in großer Höhe entfernt werden. Auf Grund der nötigen absturzsichernden Maßnahmen verlaufen diese Arbeiten entschieden langsamer als am Boden. Von Vorteil ist jedoch die Tatsache, dass zur Demontage des Stahlbaus u.U. ein kleinerer Kran (als zur Montage) benötigt wird. Dazu jedoch mehr unter Gliederungspunkt 4.3.

4.3 Demontage des Stahlbaus

4.3.1 Steinschuppen

Die Demontage des Steinschuppens erfolgt sinnvoller Weise in umgekehrter Reihenfolge zur Montage, nachdem die Bühnen, die Fassade und das Dach entfernt wurden. Durch dieses Vorgehen sind die Verbindungen zwischen Steinschuppen und Stützen gut für die Monteure erreichbar. Außerdem kann der Rückbau des Schuppens schnell mittels Hubsteigereinsatz realisiert werden. Auf diese Weise kann parallel die Demontage der übrigen Halle vollzogen werden.

4.3.2 Sekundäre Tragstruktur

Zunächst wird ein Giebel zurück gebaut, sodass als nächstes ein Hubsteiger auf die Ofendecke gehoben werden kann. Da die Ofendecke als ausreichend tragfähig erachtet wird, sollte diese Möglichkeit von Anfang an bedacht werden. Mit Hilfe dieses Steigers kann nämlich die Demontage der Wandriegel, Pfetten und Kranbahn rationell unterstützt werden. Andernfalls wären sonst zum einen zahlreichere Kranhübe notwendig oder zum anderen sogar ein zweiter Kran erforderlich.

Für die Demontage der sekundären Tragelemente wird das Konzept der Montage aufgegriffen, welchem ein achsweises Vorgehen zu Grunde liegt. Dadurch reduziert sich das zeitaufwendige Verfahren des Krans auf ein Minimum, wodurch die Effektivität der Demontage entschieden gesteigert werden kann.

4.3.3 Primäre Tragstruktur

Die Demontage der Stahlbauteile wird möglichst achsweise (Vorkopfdemontage) durchgeführt, da die Statik so am längsten aufrecht erhalten werden kann. Wir stehen jedoch zunächst vor der Überlegung, wie die Binderdemontage erfolgen soll. Dazu 2 Varianten im Vergleich.

	Variante 1	Variante 2
1	Kranbahn, Riegel und eventuell Treppenturm entfernen	
2	eine Stützenachse fixieren	zwei Stützenachsen fixieren
3	halbe Pfettenanzahl dem.	Pfetten eines ganzen Feldes
4	Einzelbinder anschlagen	Doppelbinder anschlagen
5	Verbindungen lösen	
6	Binder seitlich hinausheben	Doppelbinder heben
7	Absetzen und Abschlagen	
8	Kran verfahren und weiter mit Punkt 1	
Bem.	Kranstandort im Steinlager	

Tabelle 9: Demontagevarianten Stahlbau

Zur Beurteilung der Varianten nutzen wir zur Entscheidungsfindung die Tab. 3 (S.18) einschließlich der Überlegungen der vorangehenden Kapitel. Dabei lassen sich im Umkehrschluss viele Parallelen zur Montage finden. Der eigentliche Unterschied ist dabei

im Puncto Kranstandort zu sehen. Vorzugsweise wird wieder ein Raupenkran eingesetzt, wobei dieser nun im Steinlager stehen muss. Das zu erwartende maximale Lastmoment wird jedoch eine ähnliche Größe annehmen, wenn der Kran so nah wie möglich an den Ofen fährt. Für die Praxis bedeutet dies, dass geprüft werden sollte, ob nicht für den Montage- und Demontagefall der selbe Kran benutzt werden kann. Auf diese Weise lassen sich eventuell noch preisliche Vergünstigungen seitens des Kranvermieters vertraglich zusichern.

Variante 1

Zur Demontage von Einzelbindern muss der seitliche Halt zum nächsten Dachbinder gewährleistet sein. Für diese Kopplung genügt die halbe Pfettenanzahl. Erst wenn das Anschlagen erfolgt ist, können die Verbindungen zu den Stützen und restlichen Pfetten gelöst werden. Dieses Vorgehen ist durch das vermehrte Arbeiten in großen Höhen und der hohen erforderlichen Anzahl der Kranhübe, zeitaufwendiger und schwieriger durchführbar als Variante 2. Vorteilhaft ist dagegen die Tatsache, dass ein kleinerer Kran eingesetzt werden kann.

Variante 2

Im Gegensatz zur ersten Variante, muss nun eine zusätzliche Stützenachse gegen Umkippen gesichert werden. Der Mehraufwand an Materialkosten für Hilfskonstruktionen dürfte jedoch verschwindend gering ausfallen. Ein großer Vorteil ist es, dass durch dieses Vorgehen weniger Höhenarbeiten anfallen und die Montage sich insgesamt schneller gestaltet als bei Variante 1.

Fazit

Der wichtigste Punkt bei der Variantengegenüberstellung stellt die Auswahl des Krans dar. Für den Kraneinsatz in der Praxis muss deshalb geprüft werden, ob die Anmietung eines teureren Krans zur Doppelbinderdemontage, die Zeitersparnis gegenüber der Einzelbinderdemontage wettmacht.

Bleibt noch das Problem der Maßnahmen zur Stützensicherung. Hier böte sich wieder eine Unterscheidung verschiedener Lösungswege zum Abfangen der Stützen an. Die Überlegungen wären jedoch annähernd die gleichen, mit dem Unterschied, dass nun weniger Platz auf Grund des fertigen Ofens zur Verfügung steht.

Für beide Varianten nutzen wir deshalb in Anlehnung an die Hilfskonstruktion der Montage (Druckpunkt an Fundament, Zugstrebe an Ankerstange), eine ähnliche Konstrukti-

on. Es bietet sich an, ein Rohrprofil zu verwenden, welches mittels Schrauben oder Klemmen (vgl. Lindapter) die Verbindung zwischen AS und Stütze herstellt. Je nach Dimensionierung ist diese einfache Verbindung dabei in der Lage neben den Zug- auch die Druckkräfte sicher zu übertragen.

Zur Stützendemontage löst man die Verbindungen der Hilfskonstruktion und stellt weiter unten eine erneute Verbindung zwischen Stütze und AS her. Es folgt nach dem Anschlagen der Stütze das Trennen und das Anheben dieses Stützenabschnittes. Die Position, an der der Trennschnitt erfolgen soll, wird dabei vom maximalen Lastmoment des Krans vorgegeben.

4.4 Trennen auf Transportlänge

Nach Möglichkeit erfolgt das Zerlegen der Baugruppen durch Lösen von Schraubverbindungen, da dies schnell und effizient ist. Außerdem liegen dann die selben Systemlängen vor, wie es bei der Anlieferung der Stahlbauteile zur Montage der Fall war. Dadurch sind keine Schwierigkeiten bzgl. der einzuhaltenden Transportlängen zu erwarten.

Auf Grund der Größe der notwendigen Ausladung um die Stützenachse A zu demonstrieren und dem daraus resultierenden Traglastmoment, können zusätzliche Trennschnitte erforderlich sein. Dies trifft neben dem Kran, welcher sich im Steinlager befindet, ebenso für den Hubsteigereinsatz (Ofendecke) zu. Dabei ist es prinzipiell möglich auf mechanische (Trennschneider, Sägen) oder thermische (Brennschneider, Sauerstoffflanze) Trennverfahren zurückzugreifen. Auf eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile dieser Verfahren und ihre detaillierte Erläuterung wird jedoch verzichtet.

5 Zusammenfassung und Ausblick auf ähnliche Bauvorhaben

In der vorliegenden Bachelorarbeit wurde die Errichtung einer Stahlhalle auf theoretische Weise untersucht und hierzu ein realisierbares Montagekonzept entwickelt.

Da man dieses Thema sehr detailliert beleuchten kann, war zunächst eine Abgrenzung des Untersuchungsgebietes notwendig. Im Anschluss wurden kurz die Grundlagen zur Stahlbaumontage betrachtet. Es folgten neben den intensiven Überlegungen zur Montagerichtung, der Kranauswahl, dessen Standort und der Montageabläufe, die Ausarbeitung von Montagevarianten.

Im Bezug zur Praxis galt es dabei, die Terminplanung des Bauvorhabens einzuhalten. Außerdem war es besonders wichtig, dieses Konzept auch wirklich umsetzen zu können, ohne dass die Produktionsabläufe der benachbarten Koksofenbatterie beeinträchtigt würden.

In die Lösung flossen neben den statischen und konstruktiven auch wirtschaftliche Aspekte ein. An dieser Stelle sei erwähnt, dass es sich bei diesem Konzept um eine Kompromisslösung dieser drei Bereiche handelt. In Rücksprache mit ZSH wurden dabei sämtliche Entscheidungen und Schlussfolgerungen auf ihre praktische Umsetzbarkeit hin geprüft. Aus Gründen der Fülle und des Umfangs wurde auf eine detaillierte Nachweisführung jener Bereiche verzichtet.

Als Fazit lässt sich formulieren, dass das entwickelte Montagekonzept unter sämtlichen Gesichtspunkten funktioniert und alle kritischen Termine gehalten werden können. Da das Hauptaugenmerk auf der Montagekonzeption lag, wurde die Demontage nicht so intensiv betrachtet. Aus dem Montagekonzept, lässt sich jedoch ohne weiteres ein entsprechendes Pendant für die Demontage aufstellen.

Ausblick

Sind in zukünftigen Projekten ähnliche Bauwerksdimensionen zu erwarten, stellt diese Arbeit ein nützliches Hilfsmittel für die Montageplanung des Stahlbaus und der Fassade dar. Es wurde eine Turmdrehkrannutzung erwähnt, jedoch auf Grund ihrer Schwinganfälligkeit konzeptionell nicht weiter verfolgt. Es wird allerdings empfohlen, Turmdreh-

krane stets für die Stahlbaumontage in Betracht zu ziehen, da diese im Vergleich zu Raupenkränen nur einen Bruchteil der Kosten verursachen. Wie erwähnt, kann jener Turmdrehkran auch auf Gleise gesetzt werden und ist somit mobil einsetzbar.

Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt.

Ort, Datum

Unterschrift

Quellen

- [1] Petersen, Christian : Stahlbau : Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten. – Braunschweig:
Vieweg, 1990 - 2., verb. Aufl.
- [2] Züblin Stahlbau GmbH Hosena : Zeichnungsunterlagen der Ofenschutzhalle
- [3] Stahlbau Handbuch : für Studium und Praxis in 2 Bänden. – Köln:
Verlagsgesellschaft mbH, 1989 Band 2. – 2., neu bearb. Aufl.
- [4] Thiele, Albrecht; Lohse , Wolfram: Stahlbau. – Stuttgart:
Teubner, 1997, Teil 1. – 23., überarb. u. erw. Aufl.
- [5] Thiele, Albrecht; Lohse , Wolfram: Stahlbau. – Stuttgart:
Teubner, 1997, Teil 2. – 18., Neubearb. u. erw. Aufl.
- [6] Handbuch der Stahlbaumontage : Grundlagen für die Aus- und Weiterbildung des Montageführungspersonals. - Düsseldorf
Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, 2000, 2.Aufl.
- [7] <http://members.aon.at/tvt/Stahltraegermasse.htm>
verfügbar am 25.10.2011, 17:20
- [8] <http://www.tdkv.com/raupenkrane-technische-daten>
verfügbar am 25.10.2011, 17:21
- [9] <http://www.online-excel.de/excel/singsel.php?f=81>
verfügbar am 25.10.2011, 17:26
- [10] <http://rz-home.de/~bernd.bertels/excel/excel.htm>
verfügbar am 25.10.2011, 17:28
- [11] <http://www.ooowiki.de/SeitenVorlage>
verfügbar am 25.10.2011, 17:29

-
- [12] http://www.uhde.eu/nc/en/competence/technologies/base-chemicals/coke-plant-technologies.html?sword_list%5B0%5D=coke
verfügbar am 25.10.2011, 17:36
- [13] BGI 672 : Sicherer Betrieb von gleislosen Fahrzeugkränen : Ein Handbuch für Unternehmer, Einsatzplaner, Kranführer und Anschläger - (bisher ZH 1/556)
Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, Dez. 1994
- [14] Schneider : Bautabellen für Ingenieure. - Düsseldorf
Werner-Verlag, 18. Aufl., 2008
- [15] Kindmann,R. ; Stracke,M.: Verbindungen im Stahl und Verbundbau. - Berlin
Verlag Ernst & Sohn , 2003
- [16] Norm DIN 1055 Teil 4. Einwirkung auf Tragwerke; Windlasten : 2002-04
- [17] Norm DIN 1055 Teil 5. Einwirkung auf Tragwerke; Schnee- und Eislasten ,
2005-07
- [18] Norm DIN 1055 Teil 8. Einwirkung auf Tragwerke; Einwirkung während der
Bauausführung, 2003-01
- [19] Norm DIN 18800 Teil 7. Stahlbauten; Ausführungs- und
Herstellerqualifikation, 2008-11
- [20] Norm DIN 18800 Teil 1. Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion, 2008-11